

Hermes Augusto Gomes Maurício

Tecnologias WiMAX

Uma Proposta de implementação na rede da Polícia
Nacional na Cidade da Praia

Universidade Jean Piaget de Cabo Verde

Campus Universitário da Cidade da Praia
Caixa Postal 775, Palmarejo Grande
Cidade da Praia, Santiago
Cabo Verde

16.6.14

Hermes Augusto Gomes Maurício

Tecnologias WiMAX

Uma Proposta de implementação na rede da Polícia
Nacional na Cidade da Praia

Universidade Jean Piaget de Cabo Verde

Campus Universitário da Cidade da Praia
Caixa Postal 775, Palmarejo Grande
Cidade da Praia, Santiago
Cabo Verde

16.6.14

Hermes Augusto Gomes Maurício, autor da monografia intitulada Tecnologias WiMAX, declaro que, salvo fontes devidamente citadas e referidas, o presente documento é fruto do meu trabalho pessoal, individual e original.

Cidade da Praia, 16 de Junho de 2014
Hermes Augusto Gomes Maurício

Memória Monográfica apresentada à
Universidade Jean Piaget de Cabo Verde
como parte dos requisitos para a obtenção do
grau de Licenciatura em Informática de
Gestão

Sumário

O presente trabalho tem por objetivo estudar e apresentar uma proposta de implementação das Tecnologias WiMAX na Polícia Nacional da Praia. Primeiramente é efetuado um enquadramento teórico das redes sem fio, no qual apresenta a sua evolução histórica bem como a sua caracterização tecnológica detalhada. Em seguida, são apresentadas as tecnologias WiMAX, sendo elas, muito mais evoluídas do que, por exemplo o padrão Instituto de Engenheiros Eletricista e Eletrónicas (IEEE) 802.11 (Wi-Fi) e são abordadas em detalhes. Evidencia-se também, as razões pelas quais existem as necessidades de introduzir essa tecnologia sem fio de banda larga numa Instituição como a Polícia Nacional, pondo fim às limitações apresentadas pelo padrão IEEE 802.11.

Na parte prática desse trabalho académico, é apresentada a proposta de implementação dessa tecnologia, em que se faz em primeiro lugar a apresentação da ANAC, esta que é a entidade reguladora no Setor das Comunicações em Cabo Verde. Em seguida, faz-se a apresentação da Polícia Nacional e também uma breve descrição da sua estrutura bem como a caracterização da rede nessa instituição na Cidade da Praia. Já no final é apresentada a proposta propriamente dita bem como apresentação dos benefícios tendo essa tecnologia implementada nessa Instituição na Praia.

Palavras – chaves: Instituto de Engenheiros Eletricista e Eletrónicos - IEEE, wireless - fidelity - Wi-Fi, Agencia Nacional de Comunicações - ANAC, Interoperabilidade Mundial de acesso às Micro ondas – WiMAX, Polícia Nacional – PN.

Agradecimentos

A Deus, aos meus familiares aos técnicos de informática da Polícia Nacional e do NOSI, ao meu orientador e a todos que de uma forma direta ou indireta estiveram envolvidos nesse trabalho académico, os meus mais sinceros agradecimentos!

Siglas/Abreviaturas

ANAC - National Agency of Communication

AP - Access Point

ASA- Achada Santo António

ADSL - Asymmetric Digital Subscriber Line

ATM – Asynchronous Transfer Mode

BTS - Base Station

BWA - Broadband Wireless Access

BAC-Brigada Anti-Crime

BIC-Brigada de Investigação Criminal

CPE - Customer Premise Equipment

DSSS - Direct Sequence Spread Spectrum

DSL - Digital Subscriber Line

ERB - Station of Radio Base

FHSS - Frequency Hopping Spread Spectrum

FDD - Frequency Division Duplexing

Ghz - Giga Hertz

IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers

ISM - Institute for Supply Management

ISP - Internet Service Provider

LAN - Local Area Network

LOS - Line of Sight

MAN - Metropolitan Area Network

MBWA - Mobile Broadband Wireless Access

MHz-Mega Hertz

MIMO - Multiple entered and Multiple Exit

NLOS - Non Line of Sight

NOSI - Operational Nucleus and Society of Information

OFDMA - Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access

OFDM - Orthogonal Frequency Division Multiplexing

PCMCIA – International Association of card of memory of the computer

PDA - Personal Digital Assistants

PN- Polices National

QAM - Quadrature and Amplitude Modulation

QoS - Quality of Service

QPSK - Quadrature phase shift Key

THz - Tera hertz

TDD - Time Division Duplexing

UGI – Informatic Unit Management

VOIP - Voz over Internet Protocol

WAN - Wide Area Network

WEP-Wired Equivalent Privacy

WDS - Wireless Distribution System

WPA – Wi-fi Protected Access.

Wi-Fi - Wireless Fidelity

WiMAX – Worldwide Interoperability for Microwave Access

WLAN - Wireless Local Area Network

WMAN - Wireless Metropolitan Area Network

WPAN - Wireless Personal Area Network

Conteúdo

Introdução	13
Contextualização	13
Objetivo Geral	14
Objetivos Específicos	14
Motivação	15
Metodologia.....	15
Estrutura do trabalho	16
 Capítulo 1: Redes sem fio.....	 18
1.1 Contextualização	18
1.2 Tecnologias de transmissão sem fio	20
1.3 Tipos de redes sem fio	23
1.4 Padrão IEEE de Wi-fi (LAN)	27
1.5 Segurança	33
1.6 Equipamentos das redes sem fio.....	37
1.7 Considerações Finais	39
 Capítulo 2: Tecnologias WiMAX	 40
2.1 Contextualização	40
2.2 Arquitetura de WiMAX.....	48
2.3 Padrões de WiMAX	51
2.4 Caraterística Técnica do WiMAX	56
2.5 Segurança	58
2.6 Equipamentos de WiMAX	60
2.7 Modo de Propagação do Sinal	69
2.8 Estudo comparativo entre Wi-fi vs WiMAX.....	73
2.9 Considerações Finais	77
 Capítulo 3: Proposta de Implementação na Polícia Nacional da Praia	 78
3.1 Introdução	78
3.2 Entidade Reguladora	79
3.3 Caraterização da Instituição.....	80
3.4 Caraterização da rede.....	82
3.5 Proposta de implementação	87
3.6 Considerações Finais	92
 Conclusão	 94
 Bibliografia.....	 97

Tabelas

Tabela 1 – Comparação de padrões IEEE 802.11	33
Tabela 2 – Comparativo entre os Protocolos WEP e WPA.....	37
Tabela 2 – Comparação de padrões IEEE 802.16	54
Tabela 3 – Comparação de padrões IEEE Nómadio 802.16d e Móvel IEEE 802.16e	55
Tabela 4 – Comparação de TDD e FDD	73
Tabela 5 – Comparação Técnica Wi-Fi vs WiMAX	75
Tabela 6 – Comparação de padrões IEEE 802.11 e IEEE 802.16.....	75
Tabela 7 – Comparação de WiMAX “Nomádico” (Fixo) & WiMAX Móvel com Wi-Fi.....	76

Figuras

Figura 1 – laptop em comunicação com uma impressora utilizando a infravermelha.	21
Figura 2 – classificação da rede sem fio.....	23
Figura 3 – Exemplo de WPAN.....	24
Figura 4 – Rede Wireless LAN típico	25
Figura 5 – Exemplo de WMANs.....	26
Figura 6 – Ponto de acesso	37
Figura 7 – PCMCIA	38
Figura 8 – Computador portátil	38
Figura 9 – Interligação de edifícios com equipamentos WLAN	39
Figura 10 – Como funciona o WiMAX.....	45
Figura 11 – Cenário de WiMAX	46
Figura 12 – CORE	47
Figura 13 – Conexão ponto-a-ponto.....	48
Figura 14 – Conexão ponto - Multiponto	49
Figura 15 – Arquitectura mesh	50
Figura 16 – Estação Base Green Field	61
Figura 17 – Estação Base Roof Top	62
Figura 18 – Tráfego de Uplink e Downlink	63
Figura 19 – CPE Normal	64
Figura 20 – Outdoor CPE.....	64
Figura 21 – Modem WiMAX USB	65
Figura 22 – Antena Direcional Parabólica	67
Figura 23 – Antena Direcional Setorial.....	68
Figura 24 – Antenas Omnidirecional	69
Figura 25 – Modo de propagação LOS	69
Figura 26 – Modo de propagação NLOS	70
Figura 27 – Faixa de Frequência TDD	71
Figura 28 – Faixa de frequência FDD	72
Figura 29 – Organigrama da Polícia Nacional	82
Figura 30 – Organigrama Direção das Operações e Comunicações	83
Figura 31 – Topologia da rede na Polícia Nacional da Praia	85
Figura 32 – Consola de monitoramento de rede na Polícia Nacional	86
Figura 33 – Proposta da rede WiMAX para a Polícia Nacional na Cidade da Praia.....	88
Figura 34 – Interior de carro Polícia.....	89
Figura 35 – Tablet	90

Introdução

Contextualização

A utilização das redes sem fio na comunicação tem sido cada vez mais frequente, em múltiplas dimensões de dispositivos, desde os telemóveis, os *tablets* e os computadores portáteis pelas vantagens que apresentam quer em termos de comodidade de utilização (sem que se tenha de recorrer a lançamentos e instalação de cabos) pela sua eficiência. São diversos os locais e serviços que já beneficiaram desta solução em Cabo Verde, nomeadamente as praças públicas, os hotéis, os aeroportos e as empresas.

É de referir que a evolução das tecnologias de informação e comunicação tem sido permanente e as tecnologias das redes sem fio, em particular, não constitui uma exceção, pela sua relevância no contexto atual.

Com o crescimento dos padrões, que facilitam a comunicação através das redes sem fio, tudo isso permitiu que os dispositivos eletrónicos móveis se tornassem mais conhecidos, acabando por essa tecnologia ser aceite em redes de computadores, dado que oferece uma maior mobilidade dos dispositivos eletrónicos, evitando a utilização de cabos.

Atualmente em Cabo Verde, a tecnologia 3G tem sido a mais utilizada para o uso da internet sem fio¹. Entretanto, apesar dos benefícios decorrentes dessa tecnologia, a sua ligação, apresenta limitações, nomeadamente, uma largura de banda e uma velocidade inferior às Tecnologias WiMAX.

Este cenário indica a necessidade de se ter uma comunicação sem fio mais moderna, que permita uma comunicação móvel com qualidade e também uma capacidade de abrangência do sinal num raio de maior dimensão. É nessa perspectiva, que tem vindo a surgir novos estudos e pesquisas sobre os padrões das redes sem fio mais avançadas, conducentes ao surgimento das Tecnologias WiMAX. Essa tecnologia sem fio de banda larga emite sinal de comunicação de longas distâncias podendo atingir vários quilómetros, uma alta taxa de transmissão dos dados e suportar um elevado número de utilizadores na rede ao mesmo tempo segundo Souza (2006).

É neste âmbito que pretendemos apresentar um estudo para propormos uma solução Wimax na Polícia Nacional da Praia permitindo assim, uma maior qualidade de comunicação tanto móvel como fixo podendo ultrapassar os constrangimentos encontrados na rede dessa Instituição na Cidade da Praia.

Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é apresentar uma proposta de implementação das Tecnologias WiMAX na Polícia Nacional da Praia.

Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral, definimos os seguintes objetivos específicos:

¹Disponível em http://www.anac.cv/index.php?option=com_content&view=article&id=59&Itemid=56&lang=en#twoj_fragment1-4], consultado em Dezembro de 2013.

- Conhecer e perceber o estado da rede na Polícia Nacional da Praia;
- Identificar as limitações na rede da Polícia Nacional da Praia;
- Propor uma solução de implementação das Tecnologia WiMAX na Polícia Nacional da Praia;
- Identificar os potenciais benefícios com a implementação dessa Tecnologia sem fio de banda larga na Polícia Nacional da Praia.

Motivação

A Polícia Nacional é uma entidade que possui vários serviços a funcionar na rede, utilizando circuitos alugados do Cabo Verde Telecom para poder assegurar esses serviços. Neste sentido, fizemos uma proposta de implementação dessa tecnologia sem fio de banda larga na rede nesta Instituição. Propomo-nos a estudar esse tema para poder dar respostas com maior qualidade os novos desafios da instituição. Pois, dado que a tecnologia WiMAX consegue-se interligar as entidades policiais na Cidade torna se assim muito eficaz na troca de informação. Uma outra particularidade que essa rede oferece é assegurar a sua conectividade de até 100km/h conforme explica Prado (2006). Assim, revela-se pertinente propor a sua implementação nas viaturas da Polícia, pois essa tecnologia torna-se compatível com a realidade com a mesma, dado que pode assegurar a conectividade a alta velocidade.

Uma outra motivação que nos levou a escolher o tema é o fato de ainda ser pouco explorado nos currículos da Universidade Jean Piaget de Cabo Verde - Polo Praia. Pois, com base numa breve revisão nos documentos disponibilizado na Biblioteca na Universidade ainda há escassez de documentos que abordam o tema.

Metodologia

A metodologia adotada para a realização deste trabalho foi a seguinte:

- Pesquisa documentais onde recorreremos aos artigos científicos e documentos académicos relevantes para este estudo, sobretudo aquelas que abordam as Tecnologias WiMAX;
- A realização da proposta decorreu a partir de um estágio feito no Departamento de Informática na Direção Nacional da Polícia Nacional.

Estrutura do trabalho

O presente trabalho encontra-se estruturado da seguinte forma:

- **Introdução/Contextualização** – nessa parte apresenta-se a contextualização do trabalho tendo o objetivo geral, os objetivos específicos, as motivações académicas que nos levaram a investigar este tema, a metodologia utilizada e a composição do trabalho.
- **Capítulo 1: Rede sem fio** – nessa seção aborda-se a fundamentação teórica das redes sem fio, mostrando a sua evolução histórica, as suas vantagens e as suas limitações. Ainda nesse capítulo abordam-se as tecnologias de transmissão sem fio, os tipos de rede sem fio, os padrões de Wi-Fi, os protocolos de segurança, os seus equipamentos e as considerações finais do capítulo.
- **Capítulo 2: Tecnologias Wimax** – nessa parte apresenta-se uma análise crítica sobre a fundamentação teórica das tecnologias WiMAX em que se faz, numa primeira instância a contextualização do tema numa abordagem retrospectiva, o conceito, a área de aplicação e o funcionamento da mesma. A seguir, faz-se a contextualização do tema abordando o *backhaul* e WiMAX Fórum. Já nos pontos seguintes, continua a caracterização técnica detalhada dessa tecnologia sem fio de banda larga.
- **Capítulo 3: Proposta de Implementação na Polícia Nacional** – nessa seção, apresenta-se a proposta de implementação das tecnologias WiMAX em Cabo Verde, na ilha de Santiago mais precisamente na Polícia Nacional da Praia. Apresenta-se, por outro lado a ANAC, que é a entidade responsável para o controlo do espetro radioelétrico das entidades do setor das comunicações em Cabo Verde. Em seguida, é

apresentada a instituição, a Polícia Nacional e a caracterização detalhada da rede nessa Instituição e por fim a proposta propriamente dita bem como os benefícios tendo essa tecnologia sem fio de banda larga implementada nesta instituição.

Capítulo 1: Redes sem fio

1.1 Contextualização

A necessidade de comunicação surgiu desde os tempos mais remotos da civilização humana. Entretanto, nos tempos modernos, essa necessidade emerge cada vez mais como um fator determinante para a relação entre os povos. Sendo assim, as redes de computadores têm exercido uma grande influência, pois para além de interligar as pessoas, constituem um meio para a divulgação da informação e comunicação a uma velocidade nunca antes imaginada. Portanto, atualmente com a evolução das tecnologias de informação, existem muito mais opções de comunicação à distância, com maior rapidez e melhor qualidade.

As redes sem fio vieram contribuir bastante para a partilha de informação potenciando uma maior mobilidade dos terminais eletrónicos, bem como um maior conforto e maior flexibilidade nos terminais.

De acordo com Ponte (2007), uma rede sem fio é um conjunto de terminais eletrónicos (computadores e outros dispositivos) que se comunicam através das ondas de rádio ou infravermelha escusando utilização de cabos.

1.1.1 *Evolução Histórica*

A história das redes sem fio começou com Hertz em que iniciou as demonstrações práticas de comunicação por rádio em 1880. Dezasseis anos depois, Guglielmo Marconi, citado por Oliveira (2007), inventou a telegrafia sem fio por meio da codificação de caracteres alfanuméricos em sinal analógico, em que transmitiram sinais telegráficos através do oceano atlântico. Diz ainda o autor, que em 1960 registou-se a era das comunicações por via satélite, desde então verificaram-se rápidos avanços nas tecnologias sem fio, nomeadamente nas rádios, nas televisões e nas comunicações por satélites.

No ano de 1970 foi utilizado o primeiro tipo de tecnologia *WLAN* em que tinha na altura uma interface limitada, tornando pois comunicação lotada com repercussões nos terminais eletrónicos e nas máquinas industriais. Já no ano de 1990, foi criado o padrão IEEE 802.11 no sentido de permitir uma comunicação sem fio entre todos os computadores e já em 1997 o padrão IEEE 802.11 teria sido aceite como o padrão de comunicação de dados para redes locais sem fio².

Nota-se que gradualmente, as pessoas têm vindo a utilizar as redes sem fio, ao invés do modo tradicional. Portanto, neste sentido regista-se um elevado crescimento vê-se então que, com o crescimento da utilização das redes sem fio, as empresas e as pessoas de uma forma geral têm desfrutado dessa tecnologia, porém a mesma não trouxe consigo apenas vantagens mas também alguns constrangimentos.

1.1.2 *Vantagens*

As redes sem fios apresentam um conjunto de vantagens nomeadamente na parte de flexibilidade, ao permitir alcançar sítios onde a instalação dos fios são dificultadas, logo

² Disponível em [<http://www.lifestyles.com.br/index.htm/2009/09/a-historia-da-rede-sem-fio/>], consultado em Abril de 2010.

garante uma maior mobilidade quanto à instalação, evitando a passagem de cabos através de paredes pondo por isso um uso mais eficiente do espaço físico segundo Colunga (2008).

Na perspectiva de Oliveira (2007), as redes sem fio são convenientes e mais baratas, pois reduz o custo, por dispensar infraestrutura de cabeamento, possibilitando uma maior mobilidade e também pode ser implementada em qualquer lugar.

1.1.3 Desvantagens

Por outro lado, segundo Colunga (2008), os custos dos equipamentos das redes sem fio são superior às redes cabeadas. Quanto à transferência de dados as redes sem fio continuam ainda muito baixa em relação as redes cabeadas. Relativamente à segurança, ainda este autor defende que com o uso de ondas de rádio na transmissão de dados também pode interferir em equipamentos de alta tecnologia, como é o caso dos equipamentos utilizados nos Hospitais.

Segundo Oliveira (2007), as redes sem fios apresentam um conjunto de limitações, nomeadamente, dificuldades técnicas o que têm limitado o desenvolvimento das tecnologias sem fio. Segundo o mesmo autor, a falta de um padrão rigorosamente definido, a segurança da informação é mais complexa como aliás a própria mobilidade, pois degrada significativamente a comunicação.

1.2 Tecnologias de transmissão sem fio

As tecnologias de transmissão sem fio permitem que os utilizadores estabeleçam conexões sem fio por longas distâncias. Para permitir as conexões através das redes sem fio, utiliza-se um conjunto de técnicas de transmissão, nomeadamente Infravermelha, *Laser*, Radiofrequência e Micro-ondas. (Microsoft, 2014).

1.2.1 Infravermelha

A radiação infravermelha foi descoberta em 1800 por William Herschel, um astrónomo de origem Alemã (Freitas, 2005).

Na ótica de Farias (2006), utiliza-se um feixe de luz infravermelha para carregar dados entre dispositivos, na medida em que há um sinal forte gerado por causa da interferência que sinais fracos estão sujeitos a outras fontes de luz.

De acordo com Furgeri (2010), há quatro tipos de redes que utilizam a tecnologia de infravermelha:

- Redes em linha de vista (Transmissor e Recetor alinhados);
- Redes de infravermelha disperso (refletem em paredes e tetos, sinal mais lento);
- Redes refletidas (transmitem para um local comum que redireciona as transmissões para o computador;
- Teleponto ótico de banda larga (capaz de manipular requisitos de multimédia de alta qualidade).

Continuando com Farias (2006), ele considera que uma rede infravermelha pode operar a 10Mbps, embora seja uma taxa considerável, a distância máxima que uma rede infravermelha consegue atingir é de 30 metros. A figura 1 mostra um *laptop* comunicando-se com uma impressora utilizando infravermelha.



Figura 1 – *laptop* em comunicação com uma impressora utilizando a infravermelha.

Fonte- Farias (2006)

1.2.2 *Laser*

A tecnologia *Laser* é semelhante à infravermelha, contudo existe uma linha de vista direta entre os terminais eletrônicos para que haja comunicação segundo Farias (2006).

De acordo com Furgeri (2010), a tecnologia *Laser* apresenta um conjunto de características:

- Pode receber certas modificações na interferência de iluminação do ambiente;
- A sua faixa de frequência é de 100Thz (*Terahertz*);
- Não tem a capacidade de ultrapassar material opaco como por exemplo paredes;
- É utilizado na interligação ponto a ponto entre dois prédios próximos;
- Sujeito a interferências climáticas como exemplo nevoeiros, ou chuvas que podem interromper a transmissão.

1.2.3 *Radiofrequência*

A radiofrequência é um tipo de transmissão utilizado em redes sem fio em que a informação é transmitida através de uma antena segundo Tanenbaum (2003). Este tipo de transmissão permite converter sinais elétricos em ondas eletromagnéticas ou vice-versa.

1.2.4 *Micro-ondas*

De acordo com Forouzan (2006) citado por Alves (2009), os micro-ondas operam num intervalo de frequência entre 1Ghz a 300Ghz devido a isso que é utilizado para serem transmitidos a longas distâncias. Conforme o mesmo autor citado por Alves (2009), a transmissão via micro-ondas é unidirecional, tem de existir uma linha de vista entre a antena do emissor e a antena do recetor para que a comunicação ocorra de uma forma clara e eficaz.

De acordo com Tanenbaum (2003) citado por Alves (2009), devido à existência de uma linha de vista entre as antenas, os prédios, por exemplo, podem constituir obstáculos. Conforme ainda o autor citado por Alves (2009) também há necessidade da utilização de repetidores na transmissão de longas distâncias para poder responder aos problemas da curvatura da terra e renovar o sinal.

1.3 Tipos de redes sem fio

As redes sem fio podem ser classificadas em diferentes tipos com base nas distâncias através das quais os dados podem ser transmitidos, assim como as redes tradicionais. (Microsoft, 2014). A figura 2 que se segue classifica as redes sem fio.

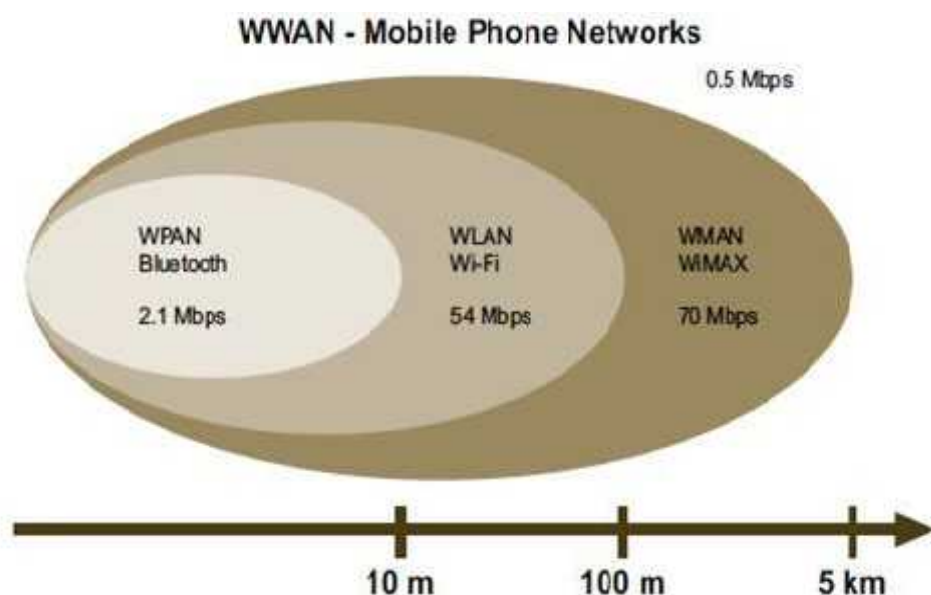


Figura 2 – classificação da rede sem fio

Fonte- Vassilopoulos & Subirana(2007)

1.3.1 Redes sem fio de áreas pessoais (WPAN)

As redes sem fio de áreas pessoais foram feitas para serem utilizadas nas transmissões de curtas distâncias em que se baseiam em áreas próximas aos utilizadores conforme Alves (2009).

As redes sem fio de áreas pessoais são definidas pelo padrão IEEE 802.15 em que utilizam as tecnologias *Bluetooth*, com uma capacidade de abrangência até 10 metros, uma frequência de 2,4Ghz e uma largura de banda até 2,1Mbps segundo Vassilopoulos & Subirana (2007).

A tecnologia *Bluetooth* tem um curto alcance e os utilizadores podem conetar a uma diversidade de dispositivos fixos (como por exemplo os computadores, os teclado, rato, os scanners) e móveis (*laptops*, telemóveis) de uma forma simplificada, sem haver a necessidade da utilização de cabos de ligação segundo Santos (2008). A figura 3 que se segue ilustra um exemplo de uma rede *WPAN*.

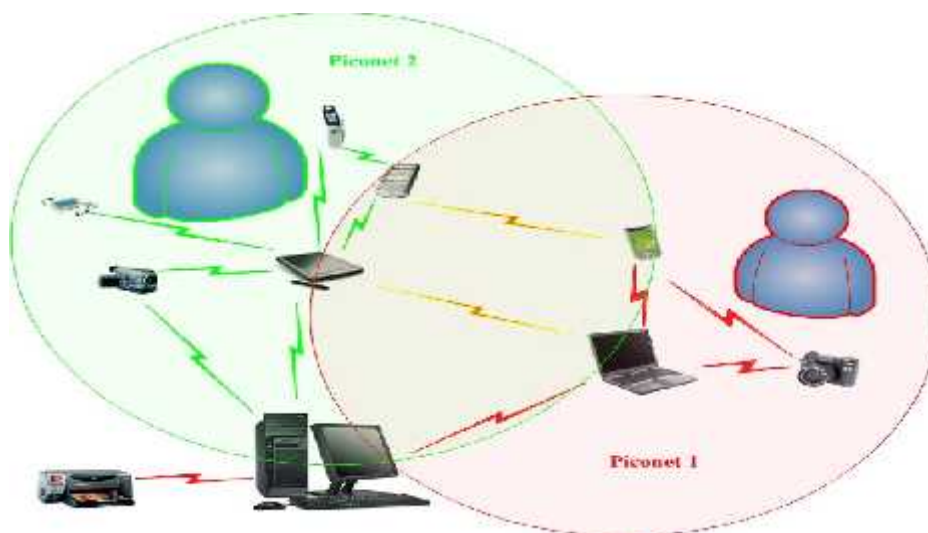


Figura 3 – Exemplo de WPAN

Fonte- Albuquerque(2008)

1.3.2 Redes sem fio locais (WLANs)

Uma rede sem fio *WLAN* é uma tecnologia de rede sem fio, em que utiliza um vasto mecanismo de comunicação nomeadamente o ponto de acesso, terminal eletrónico móvel e uma placa de rede que substitui o cabeamento tradicional, segundo Swaminatha (2002) citado por Franceschinelli (2003). *WLAN* permitem a transmissão e receção de dados pelo ar através dos transmissores, recetores e um portador em que os dados são moldados segundo defende o autor citado por Franceschinelli (2003).

Segundo Franceschinelli (2003), as utilizações das tecnologias de rede sem fio em *WLAN* foram padronizadas pelo IEEE pelo grupo 802.11. Esse padrão tinha como fim definir o nível físico para as redes em que essas realizam as transmissões na frequência de rádio ou infravermelha e de um protocolo para ter acesso ao meio segundo ainda Franceschinelli (2003).

Um *WLAN* é utilizada normalmente para aceder à internet em sítios de pequena dimensão, como por exemplo, uma residência, cujo que o alcance máximo é de 90 metros quadrados. No entanto esse alcance pode variar em função da quantidade de utilizadores, de interferência e de barreiras de transmissão³. A figura 4 mostra uma estrutura de uma *LAN* típica.

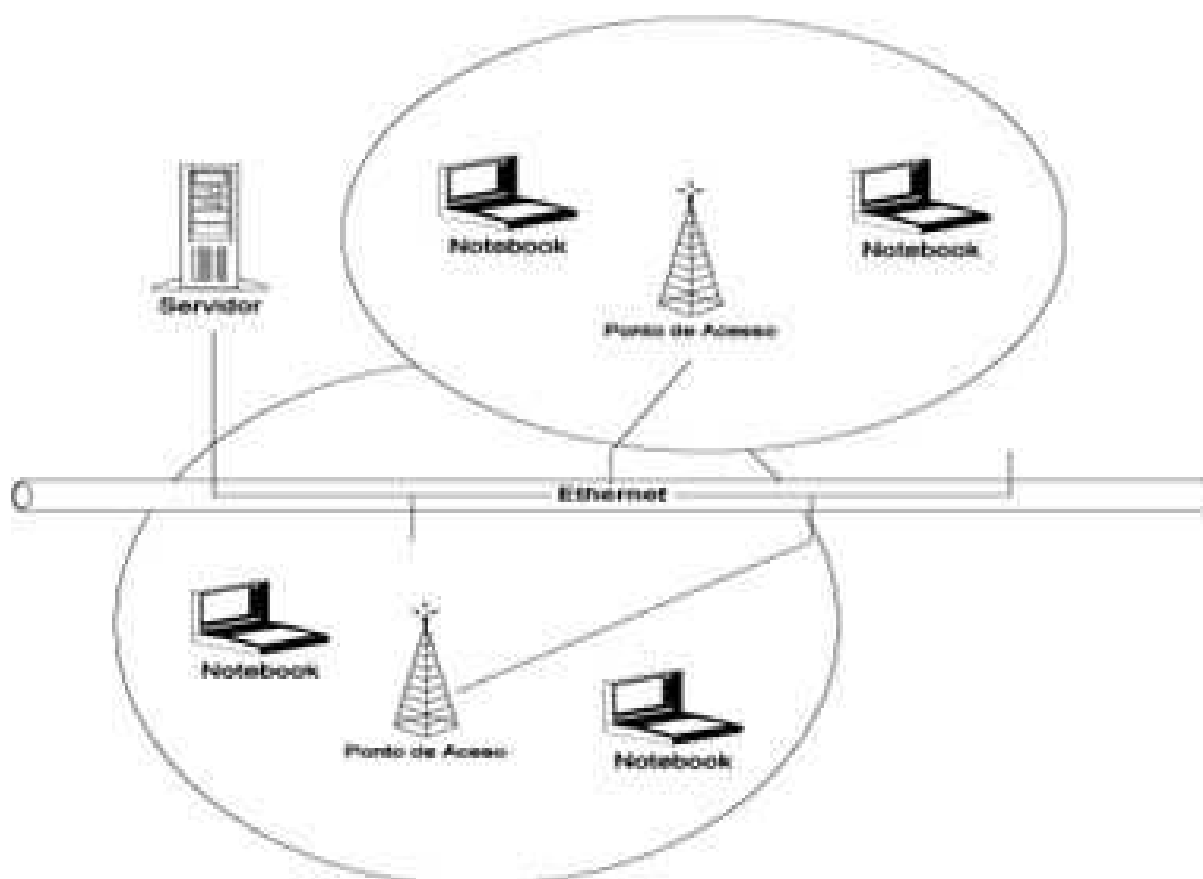


Figura 4 – Rede Wireless LAN típica

Fonte- Silva(1998)

³ Disponível em [http://www.milagro.com.br/home/files/guia_wifi.pdf], consultado em Agosto de 2010.

1.3.3 Redes sem fio metropolitanas (WMANs)

As *WMAN* são definidas pelo padrão IEEE 802.16 e também são conhecidas como as redes sem fio de banda larga. São as principais concorrentes da fibra ótica, devido à sua grande mobilidade, alcance e disponibilidade que são serviços considerados superiores aos serviços de *DSL* segundo Camara & Silva (2005) citado por Albuquerque (2008).

A rede sem fio de área metropolitana, conhecida por rede de laço sem fio baseia-se no padrão IEEE 802.16 do IEEE. Esta rede sem fio apresenta uma taxa de transferência efetiva de 1 a 20 Mbps num raio entre 4 a 10 Km, tendo como consequência um grande ganho principalmente para às empresas de telecomunicações⁴.

Segundo Moraes (2008), dado que as redes sem fio de área metropolitana, baseiam-se no padrão IEEE 802.16, estas apresentam as mesmas características às das tecnologias WiMAX. Sendo assim, esta tecnologia pode atingir a um raio de 50Km e uma velocidade até 1Gbps segundo Moraes (2008). A figura 5 ilustra uma rede sem fio na área metropolitana.

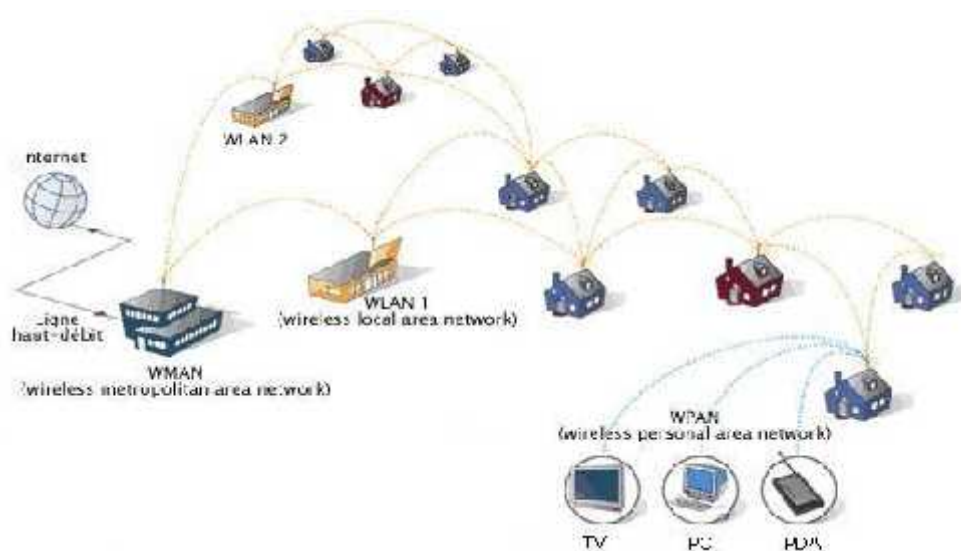


Figura 5 – Exemplo de WMANs

Fonte- Albuquerque(2008)

⁴. Disponível em [<http://en.kioskea.net/contents/wireless/wman.php3>], consultado em Junho de 2010.

1.3.4 *Redes sem fio de longa distância (WWANs)*

As redes sem fio de longa distância permitem aos utilizadores estabelecer ligações sem fio através de redes públicas. Estas ligações podem abranger uma grande área geográfica como cidades e/ou países, por via de antenas ou sistemas que se utilizam em vários locais com antenas ou sistemas de satélite mantidas por fornecedores de serviço sem fio. Esta tecnologia de rede sem fio de longa distância, atualmente é conhecida como sistemas de segunda geração (2G). O sistema de 2G inclui o GSM (Sistema Global para comunicações Móveis), CDPD (Dados de Pacotes Celulares Digitais) e os CDMA (Acesso múltiplo da divisão de códigos). (Microsoft, 2009).

As redes sem fio de longa distância permitem uma conectividade à internet em que se utilizam tecnologias de torre de telemóveis, segundo Kayne (2003). Essa rede permite ainda aos utilizadores que passam uma boa parte do tempo em deslocações, por exemplo deslocarem-se em carros, comboios, com acesso à rede⁵.

1.4 Padrão IEEE de Wi-fi (LAN)

O Instituto de Engenheiros, Eletricistas e Eletrónicos (IEEE) é uma associação sem fins-lucrativos sendo fundada nos Estados Unidos da América em 1963 e é a maior organização mundial em termos de números de sócios. Foi projetado para servir os profissionais envolvidos em todos os aspetos dos campos elétricos, eletrónicos, informáticos como também em áreas relacionadas com a Ciência e Tecnologia⁶.

⁵Disponível [<http://pt.computers.toshiba-europe.com/Contentes/Toshiba.pt/PT/WHITEPAPER/files/2006-09-WWAN-for-business-PT.pdf>], consultado em Junho de 2010.

⁶Disponível [http://www.ieee.org/about/ieee_history.html], consultado em Maio de 2010.

1.4.1 Enquadramento de padrões IEEE 802.11

O IEEE é um órgão que aprova os padrões de rede sem fio segundo Engst e Fleishman (2004) citado por Alves (2009).

Segundo Alecrim (2008) após sete anos de estudos, a primeira versão do padrão 802.11 foi lançada em 1997. Essa tecnologia apresenta um conjunto de características seguintes:

- É uma tecnologia de transmissão por radiofrequência que opera entre 2,4Ghz e 2,4835Ghz;
- Apresenta uma taxa de transmissão de dados de 1Mbps ou 2Mbps;
- Usa as técnicas *DSSS* (Espectro de propagação da sequência direta) e *FHSS* (Espectro de propagação da Frequência) em que ambas as técnicas permitem transmissões em que utilizam vários canais dentro de uma frequência;
- O *DSSS* (Espectro de propagação da sequência direta) acaba por ser mais rápido e apresenta uma maior probabilidade de sofrer interferência, dado que utiliza todos os canais ao mesmo tempo.

1.4.2 Padrão IEEE 802.11a

No final do ano de 1999 o padrão 802.11a foi disponibilizado quase à mesma época do que a versão 802.11b segundo Alecrim (2008). Esse padrão pode ser chamado também de Wifi5 especificando 8 canais rádios na banda de frequência dos 5Ghz , em que permite obter um elevado débito,(54 Mbps teórico,30 Mbps real) (Kioskea, 2009a).

Essa tecnologia apresenta um conjunto de características abaixo descritas segundo o mesmo autor :

- Opera com taxas de transmissão de dados nos seguintes valores: 6Mbps, 9Mbps,12Mbps,18Mbps,24Mbps,36Mbps,48Mbps,54Mbps;

- O alcance máximo é de 50 metros;
- Utiliza uma técnica conhecida como Multiplexação de divisão de frequência Ortogonal (*OFDM*), pois nesta técnica a informação a ser transmitida é dividida em vários pequenos conjuntos de dados que são transmitidos simultaneamente em diferentes frequências;
- A técnica de Multiplexação de divisão de frequência Ortogonal utiliza frequências que são utilizadas de uma forma que impede que uma interfira na outra, fazendo com que essa técnica funcione bem.

1.4.3 Padrão IEEE 802.11b

Este é o padrão que permite fazer a descrição das especificações da camada de enlace lógico e física para as redes sem fio que atuam no *ISM* de 5Ghz segundo Duarte (2003). Ainda para este autor, não existem muitos dispositivos que atuam nesta frequência apesar de este padrão ter-se afirmado em 1999.

Em conformidade com Alecrim (2008), no ano de 1999 lançou-se uma atualização no padrão 802.11 em que foi denominado de 802.11b. É de se referir também que é o padrão IEEE 802.11 mais utilizado. De seguida apresenta-se um conjunto de características dessa versão segundo o mesmo autor:

- Velocidade de transmissão: 1Mbps, 2Mbps, 5,5Mbps e 11Mbps;
- A área de cobertura pode chegar teoricamente até 400 metros em ambiente abertos e pode atingir uma faixa de 50 metros em lugares fechados (por exemplo escritório e residências);
- O alcance de transmissão pode sofrer influência de uma série de fatores;
- Utiliza *DSSS* (Sequência Direta de Espalhamento de Espectro) para diminuir a interferência.

O padrão 802.11b foi responsável pela popularização das redes Wi - Fi dado que foi primeiro padrão a ser adotado em larga escala conforme Davis (2004).

1.4.4 Padrão IEEE 802.11g

No ano de 2003 foi disponibilizado o padrão 802.11g sucessor natural da versão 802.11b, são totalmente compatíveis, segundo Alecrim (2008). Este padrão opera com taxas de transmissões até 54Mbps numa frequência na faixa de 2,4Ghz e possuindo o mesmo poder da cobertura do que o padrão 802.11b, conforme explicam os autores Alecrim (2008) e Duarte (2003).

O padrão 802.11g, utiliza a técnica de *OFDM* (Multiplexação de divisão de frequência Ortogonal), no entanto, quando é feita a comunicação com dispositivo 802.11b, a técnica de transmissão passa a ser *DSSS* (Sequência Direta de Espalhamento de Espectro) segundo Alecrim (2008).

1.4.5 Padrão IEEE 802.11h

O padrão 802.11h tende a aproximar o padrão 802.11 ao padrão Europeu tendo ficando este padrão 802.11h conforme o regulamento Europeu nos itens de frequência e economia de energia. (Kioskea, 2009a).

Conforme refere Alecrim (2008) o padrão 802.11h é uma versão de 802.11a que com recursos de alteração de frequência e controle do sinal devido ao fato da frequência de 5Ghz ser aplicada em diversos sistemas na Europa. Também foram adicionados os serviços de *TPC* (Controlo de Poder de Transmissão) e de *DFS* (Seleção de Frequência Dinâmico).

1.4.6 Padrão IEEE802.11f

Este padrão trabalha com *handoff* (procedimento empregado em redes sem fio para tratar a transição de uma unidade móvel de forma transparente ao utilizador) conforme Alecrim (2008). O *handoff* faz com que um determinado dispositivo se desconete de um *AP* (Ponto de Acesso) de sinal fraco e se conectar a um outro dispositivo, de sinal mais forte, dentro da mesma rede segundo ainda Alecrim (2008).

1.4.7 Padrão IEEE 802.11n

De acordo com Rufino (2005) citado por Alves (2009), este padrão está numa fase de desenvolvimento cujo foco principal é aumentar a velocidade de cerca de 100 a 500Mbps. Pretende-se, por outro lado, uma melhoria na área de cobertura.

Outra característica deste padrão, segundo o mesmo autor, citado por Alves (2009), é a compatibilidade retroativa com os padrões vigentes atualmente e ainda, pode trabalhar com os canais de 40Mhz, e manter compatibilidade com os 20Mhz atuais.

Para Alecrim (2008), o padrão 802.11n tem como principal característica o uso de um esquema chamado de *Multiple-Input Multiple-output* (*MIMO*) que apresenta uma capacidade de aumentar as taxas de transferências de dados através das combinações de várias vias de transmissão. Em relação à frequência, o padrão 802.11n funciona com as faixas de 2,4Ghz e de 5Ghz, e por isso é compatível com os padrões anteriores.

1.4.8 Padrão IEEE 802.11e

Este padrão foi desenvolvido como o foco principal a *QoS* (Qualidade de Serviço) de transmissões. Neste sentido, este padrão torna-se interessante para aplicações que são prejudicados por interferência, como por exemplo nas comunicações *Voip* (Voz sobre Internet Protocol). (IEEE, 2005).

1.4.9 Padrão IEEE 802.11i

De acordo com Alecrim (2008) e também baseando em IEEE (2005) o padrão 802.11i é um conjunto de especificações de segurança, sendo também conhecido como *WAP2 (Wireless Application Protocol2)*. Utiliza um protocolo que é bastante seguro e eficiente denominado de *AES (Advanced Encryption Standard- Padrão Avançado de Cifragem)* segundo ainda Alecrim (2008).

1.4.10 Padrão IEEE 802.1x

Segundo Alecrim (2008), 802.1x é um padrão IEEE que gera o acesso às redes baseadas em portas que integra o grupo do IEEE 802.11 de protocolos de redes de computadores. Existem mecanismos de autenticação para dispositivos que “desejam” juntar á uma porta na *LAN* conetando ponto-a-ponto ou prevenido acesso para esta porta caso a autenticação falhe conforme Alecrim (2008). É utilizado para a maioria dos *Acess Points* sem fio 802.11, e baseia-se no protocolo de Autenticação Extensiva (*EAP*) segundo Alecrim (2008).

1.4.11 Padrão IEEE 802.16

O padrão 802.16 conhecido por WiMAX, isto é, Interoperabilidade mundial para o acesso da micro-ondas, é o primeiro padrão oficial para as redes sem fio de banda larga, abrange longas distâncias conforme Morimoto (2005). Segundo o mesmo autor, este padrão foi aprovado em Janeiro de 2003, existiam, entretanto vários projetos para as redes sem fio de longa distância. Mesmo assim, as trajetórias percorridas não superam a marca de uma certa distância, pois exigiam vários repetidores para atingir distâncias mais longas. Sendo assim, o padrão IEEE 802.16 veio resolver este problema utilizando as faixas de frequência entre 10 e 60 Ghz com um padrão alternativo que utiliza frequência entre 2 e 11Ghz permitindo atingir altas taxas de transferência á vários quilómetros conforme ainda Morimoto (2005).

Segundo o autor citado, a característica principal deste padrão é o fornecimento de acesso à banda larga sem fio nas áreas rurais e nas cidades onde não há acesso via cabo.

1.4.12 Comparação dos padrões da família IEEE 802.11

Após ter feito o estudo em cima da família de padrões 802.11, a seguir a tabela 1 apresenta um resumo da família de padrões 802.11.

	IEEE 802.11	IEEE 802.11a	IEEE 802.11b	IEEE 802.11g
Homologação	Julho de 1997	Setembro de 1999	Setembro de 1999	Junho de 2003
Aplicação	Rede sem fio de Dados	Acesso a banda larga (LAN)	Rede sem fio de Dados	Acesso banda larga (LAN)
Taxa Máxima de Transmissão	2 Mbps	54 Mbps	11 Mbps	54 Mbps
Alcance	100 m	50 m	100 m	100 m
Taxas de Fallback⁷	1 Mbps	48 Mbps 36 Mbps 24 Mbps 18 Mbps 12 Mbps 9 Mbps 6 Mbps	5,5 Mbps 2 Mbps 1Mbps	48 Mbps 36 Mbps 24 Mbps 18 Mbps 12 Mbps 9 Mbps 6 Mbps
Frequência	2,4 Ghz	5 Ghz	2,4 Ghz	2,4 Ghz
Compatibilidade	802.11 (somente)	802.11a (somente)	802.11g	802.11b

Tabela 1 – Comparação de padrões IEEE 802.11

Fonte: Lima, Soares & Endler (2006)

1.5 Segurança

Atualmente as organizações têm estado cada vez mais aliado às tecnologias de Informação e comunicação, tornando num maior património de uma organização ajudando bastante no desempenho dos seus trabalhos no dia - dia. Neste sentido, o reforço da segurança de informação tem sido uma matéria de elevada relevância, pois a privacidade da informação tem se tornado indispensável numa organização. Portanto para se ter a segurança nas redes

⁷ *Taxas de Fallback*- É a capacidade do *modem* de reduzir a velocidade de transmissão quando a qualidade da linha decai e de aumentar quando a qualidade da linha melhora [Clara,A. (1999)].

sem fio a utilização das criptografias é de uma importância extrema segundo revela Vilela & Ribeiro (s/d).

1.5.1 Criptografia em redes sem fio

Na atualidade, sendo os dados digitais medidas em *bits* o processo de criptografia é feito por algoritmos que, por sua vez, fazem a combinação dos *bits* desses dados a partir de uma chave ou par de chaves. A criptografia é utilizada nas redes *wireless* para impedir o *acesso* não autorizado segundo Bof (2010).

Criptografia pode ser entendida como codificação de dados que se utiliza algoritmo e uma chave secreta, de tal forma que, dentro de parâmetros legais, somente o destinatário possa decodificá-lo segundo Moreno (2005) citado por Vilela & Ribeiro (s/d).

“A criptografia é o estudo dos princípios e técnicas pelas quais a informação pode ser transformada da sua forma original para outra ilegível, de forma que possa ser conhecida apenas por seu destinatário (detentora da “chave secreta”), o que a torna difícil de ser lida por alguém não autorizado, Dessa forma apenas o recetor da mensagem pode ler a informação com facilidade” (Bof,2010).

Existem vários métodos de segurança nas redes sem fios, mas vamos focar essencialmente nos protocolos *WEP* e *WPA* por serem as mais relevantes.

1.5.2 Wired Equivalent Privacy (WEP)

Segundo Cutrim (2013) a segurança da rede do padrão IEEE 802.11 faz-se inicialmente pelo protocolo *WEP* (*Wired Equivalent Protocol*) em que este protege a camada de enlace de dados durante a transmissão entre os computadores portáteis e os *Access Point* fazendo também esse protocolo o controlo das redes sem fio.

Segundo Ats (2012) o *WEP* foi o primeiro protocolo de criptografia lançado para redes sem fio. Utiliza uma senha compartilhada para criptografar os dados e funciona de forma estática

para além de fornecer apenas um controle de acesso e de privacidade de dados nas redes sem fio.

Rufino (2005) citado por Vilela & Ribeiro (s/d) considera que o protocolo *WEP* utiliza o conceito de chaves compartilhadas que processam os dados, utilizando chaves idênticas em ambos os dispositivos de conexão. Utiliza uma chave de 64 ou 128 *bits* para cifrar informação, sendo desses valores 24 *bits* de um vetor de inicialização em que cada pacote é alterado aleatoriamente para melhor proteger a chaves.

De acordo com Cutrim (2013) a segurança *WEP* apresenta dois elementos básicos que são as seguintes:

- Uma chave estática, que deve ser para todos os equipamentos da rede;
- Uma chave dinâmica que junto formarão a chave para cifrar tráfego.

Segundo ainda Vilela & Ribeiro (s/d) existem um conjunto de vulnerabilidades do *WEP* que são as seguintes:

- Troca de chaves deve ser feita manualmente;
- Vetor de inicialização relativamente pequeno;
- Colisão de pacotes, devido á reinicialização do contador do vetor de inicialização.

1.5.3 *Wired Equivalent Privacy (WPA)*

Segundo Cutrim (2003), o protocolo *WPA* (*Wired Protected Access*) foi criado em 2003 para substituir o protocolo *WEP* em que se verificaram mudanças no *hardware*, nos pontos de acesso e nas placas antigas tendo apenas ganhos no suporte através de *firmware* (conjunto de instruções operacionais programadas diretamente no *hardware* de um equipamento eletrónico).

Segundo Rufino (2005) citado por Vilela & Ribeiro (s/d), o protocolo *WPA* (*Wifi protect Access*) trouxe consigo algumas modificações como autenticação de utilizadores podendo também ser utilizado com chaves compartilhadas. Ainda segundo o mesmo autor citado por Vilela & Ribeiro (s/d), o protocolo *WPA* oferece segurança para diferentes tipos de rede, atendendo desde pequenas redes domesticas até grandes corporações. Segundo Rufino (2005) citado por Vilela & Ribeiro (s/d), o protocolo *WPA* pode ser configurado em redes do tipo infraestrutura utilizando um servidor *RADIUS* (*Remote Authentication Dial-In User Server*) para autenticação de utilizadores.

O protocolo *WPA* apresenta dois grupos de chaves Segundo Vilela & Ribeiro (s/d) que são os seguintes:

- ***Pairwise Key***: Utiliza esse grupo de chave para que haja comunicação direta entre duas estações ou entre *Access Point* e uma estação. Este tipo de comunicação chama-se de *unicast*, sendo necessário que exista uma chave conhecida apenas pelas duas partes da comunicação.
- ***Group key***: Utiliza-se esse grupo de chave para a comunicação quando uma estação “deseja” comunicar com todas as outras estações da rede de *broadcast*. Neste caso, é utilizada uma chave que é conhecida por todas as outras estações.

Segundo ainda Vilela & Ribeiro (s/d) existem um conjunto de vulnerabilidades do *WPA* que são as seguintes:

- Negação de serviço – DoS (*Denial of Service*);
- Algoritmo de combinação de chave;
- Ataque de dicionários.

Pode-se ver de seguida a tabela 2 que faz a comparação entre os protocolos *WEP* e *WPA* comparando-as na cifragem e autenticação.

Cifragem	WEP	WPA
	Com falhas, segurança quebrada por cientista e <i>hackers</i> .	Resolve todas as falhas do <i>WEP</i> .
	Chaves de 64 e 128 <i>bits</i> estática, sendo 24 bits para o vetor de inicialização.	Chaves dinâmicas de 128 <i>bits</i> + combinação de sessão de <i>logon</i>
	Distribuição de chaves manual.	Distribuição de chaves automáticas
Autenticação	Com falhas; Autentica somente o dispositivo	Autenticação baseada no utilizador, com a utilização da arquitetura 802.1x/ <i>EAP</i> .

Tabela 2 – Comparativo entre os Protocolos WEP e WPA

Fonte: Vilela & Ribeiro (s/d).

1.6 Equipamentos das redes sem fio

Uma rede sem fio simples carece de três equipamentos, nomeadamente o Ponto de Acesso a placa da rede sem fio e um terminal eletrónico móvel, segundo Bulhman & Cabianca (2006). O ponto de acesso fica ligado a um *modem* com fio e faz a comunicação sem fio com os dispositivos eletrónicos nomeadamente computador portátil através de ondas de rádio.

1.6.1 Placa de Rede e Ponto de Acesso

A figura 6 ilustra um exemplo de ponto de acesso tendo duas antenas para poder conetar como os dispositivos eletrónicos portáteis.



Figura 6 – Ponto de acesso

Fonte - <http://www.pixmania-pro.co.uk/gb/uk/00069396/art/d-link/dir-615-wifi-300mbps-wireless-n-cable-adsl-router.html>, Consultado em Setembro de 2010.

A figura 7 que se segue apresenta um exemplo de uma placa Wi-Fi PCMCIA utilizada para dispositivos eletrónicos portáteis.



Figura 7 – PCMCIA

Fonte- http://reno-computers.com/shop/index.php?manufacturers_id=15&osCsid=55136a66049886fc29e97335e25d314d,

Consultado em Setembro de 2010.

Em seguida encontra-se uma imagem de um terminal eletrónico móvel que recebe o sinal do ponto de acesso.



Figura 8 – Computador portátil

Fonte <http://www.jarpos.pt/img/p/235-348-large.jpg>

Consultado em Setembro de 2010.

1.6.2 *Uso de Bridge*

Continuando ainda com Bulhman & Cabianca (2006), para um projeto de rede sem fio mais complexo é preciso ter um plano cuidadoso e uma seleção dos equipamentos a utilizar. Um exemplo claro, é o caso de interligação de vários edifícios em que recorre-se aos equipamentos *WLAN* dentro de cada edifício deve existir mais que um ponto de acesso à rede por parte dos utilizadores. É de referir também que os autores fazem uma referência sobre a necessidade de instalação no exterior desses edifícios *bridges*⁸ com antenas próprias para cada caso tendo uma comunicação a distâncias grandes. A figura a seguir apresenta a interligação de edifícios com equipamentos *WLAN*.

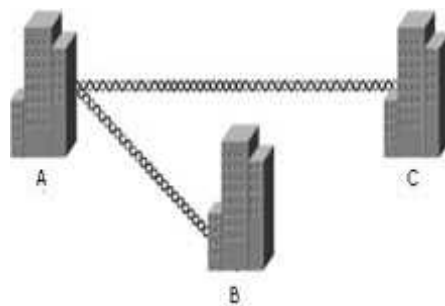


Figura 9 – Interligação de edifícios com equipamentos WLAN

Fonte- http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialrwlanman1/pagina_2.asp,
consultado em Outubro de 2010.

1.7 Considerações Finais

Foi apresentado durante este capítulo conceito de redes sem fio nomeadamente o padrão IEEE 802.11, falou-se do seu historial, das tecnologias de transmissão, dos tipos de rede sem fio, os seus padrões a criptografia e os seus equipamentos. Portanto foi feito neste capítulo uma caracterização detalhada das redes sem fio. No próximo capítulo será apresentada a fundamentação teórica das Tecnologias WiMAX, sendo elas muito mais evoluído que o padrão IEEE (802.11).

⁸ *Bridge*: É o termo utilizado em informática para designar um dispositivo que liga duas ou mais redes informáticas que utilizam protocolos diferentes ou iguais ou dois segmentos da mesma rede que utilizam o mesmo protocolo [Leonel, G. (s/d)].

Capítulo 2: Tecnologias WiMAX

2.1 Contextualização

Com o acelerar do crescimento da comunicação sem fio e a sua utilização em todas as classes sociais, transformar-se igualmente a forma como se faz a comunicação, passando, neste contexto, a ser via os terminais eletrónicos sem fio segundo Prasad & Velez (2010). No dizer destes autores, no final do séc. XIX Maxwell demonstrou que a transmissão da informação pode ser conseguida sem fio e mais tarde, as experiencias feitas por Marconi e outros cientistas demonstraram que a transmissão sem fio a distâncias longas pode ser uma realidade. Já na última década do séc. XX as comunicações sem fio ganharam um grande impulso conforme ainda os mesmos autores.

O padrão IEEE 802.16 encontra-se a caminho de revolucionar a indústria de acesso a banda larga sem fio, ainda que pouco conhecido no mercado segundo Teixeira (2006). De acordo com o autor citado, esta tecnologia está a ser especificada pelo grupo do IEEE que trata de

acessos de banda larga para última milha - “*Last Mile*” em áreas metropolitanas, com padrões de desempenho equivalentes aos dos meios tradicionais tais como *ADSL*.

“A possibilidade de se utilizar diversas aplicações multimédia, que requerem altas taxas de transmissão, e o grande volume de dados proporcionado pela Internet em banda larga fizeram dela uma opção muito atraente. O conceito de banda larga sem fio (Wireless broadband) consiste em unir estas vantagens da internet em banda larga aos benefícios únicos do acesso sem fio, como portabilidade. Neste âmbito, há dois tipos de serviços: os serviços fixos, que são semelhantes aos serviços de banda larga tradicional, mas utilizam o ambiente (sem fio) como meio de transmissão, e os serviços móveis, que proporciona, também portabilidade (Capacidade de movimentar-se), nomadicidade (Capacidade de se conectar em locais diferentes) e mobilidade (Capacidade de, em movimento, manter as conexões já efetuadas)” Simões (2007).

2.1.1 Historial de WiMAX

No ano de 1998, o IEEE iniciou-se o desenvolvimento de um padrão chamado *WMAN* por meio de um grupo 802.16 segundo Simões (2007).

Mais tarde em 2001, o padrão IEEE 802.16 foi finalizado no mês de Outubro e publicado no início de Abril do ano seguinte conforme explica Monteiro (2009). Este padrão foi denominado de WiMAX (Interoperabilidade mundial para o acesso da micro-ondas), “WiMAX” foi desenvolvido por um grupo de indústria conhecido como WiMAX Fórum tendo como fim promover a compatibilidade e a interoperabilidade entre equipamentos baseados no padrão IEEE 802.16 segundo o mesmo autor.

No ano de 2004 completaram as revisões que vieram substituir os padrões anteriores que o grupo 802.16 desenvolveu segundo Simões (2007). Sendo assim, este padrão foi lançado oficialmente como 802.16-2004, e é conhecido como 802.16d e adotado também pela ETSI (Instituto dos Padrões de Telecomunicações Europeias).

“WiMAX (Interoperabilidade mundial de acesso á micro-ondas) é uma versão “turbinado” do wi-fi. Ele nasceu da necessidade de ter uma tecnologia sem fio de banda larga com longo alcance e alta taxa de transmissão”. (Prado, 2006).

2.1.2 Conceito de WiMAX

O conceito de WiMAX pode ser entendido como uma tecnologia sem fio de banda larga que permite substituir as tecnologias de acesso de banda larga por cabo e *ADSL* facilitando a comunicação sem haver necessidade de vista direta com a estação base segundo Fagundes (2005).

Por outro lado, na visão de Prado (2008), as Tecnologias WiMAX é uma Interoperabilidade Mundial para acesso de micro-ondas criadas em 2003 em que foram desenvolvidas os seus equipamentos por empresas como, a Intel, a Microsoft, a Motorola e entre outros 230 membros. Esses membros todos acabaram por criar um grupo chamado de WiMAX Forum, para permitir assegurar a interoperabilidade entre equipamentos desses diferentes fabricantes.

Fagundes (2005), considera que WiMAX é uma tecnologia desenvolvida para substituir as tecnologias de acesso de banda larga por cabo através da padronização de rede sem fio. Continuando ainda com o autor citado, com o WiMAX pode haver comunicação portátil, comunicação móvel sem fio sem a necessidade de haver vista direta com a estação base. Ele frisa ainda que nas conexões móveis o WiMAX deve suportar até 15 Mbps em um raio que abrange até 3 quilómetros.

“Numa linguagem menos técnica, o WiMAX é a evolução do wi-fi, que por sua vez é o atual padrão de tecnologia para o acesso sem o uso de fio. A sigla vem de Wireless Fidelity e é usada genericamente”. (Rebelo, 2005).

2.1.3 Vantagens de WiMAX

A tecnologia WiMAX dado que não necessita de uma linha de vista direto entre os elementos interconetados proporcionam uma maior alcance permitindo que o acesso a internet chegue a

zonas rurais segundo Silva & Soares (2009b). Um outro aspeto relevante no WiMAX é que permite reservar uma banda para utilizar dados, e o seu padrão integra a funcionalidade de *QoS* (Qualidade de Serviço), qualidade essa que permite garantir a propriedade de um determinado serviço para o utilizador, conforme ainda esses mesmos autores.

Na ótica de Ribau, Loureiro & Cardoso (s/d), a tecnologia WiMAX apresenta ainda, a possibilidade de diminuição dos custos de infraestrutura de banda larga, em que permite também a criação de uma rede de cobertura de conexão de Internet semelhante à cobertura de telemóveis o que dará acesso à internet mesmo em movimento.

2.1.4 Desvantagens de WiMAX

Dado que as antenas utilizadas em alguns dispositivos para captar os sinais são significativamente pequenas, para poder capturar o sinal do WiMAX seria necessário aumentar a sua potência. Mas isto, poderá provocar problemas de saúde pública e além da interferência com outros dispositivos sem fio que utilizam a mesma frequência segundo Silva & Soares (2009b). Portanto, para a exploração de serviços utilizando essa tecnologia é necessário a aquisição de licenças para prestação desses serviços (e de licença de uso de suas bandas) através da empresa registada no país de acordo com Silva & Soares (2009b).

2.1.5 WiMAX Fórum

O WiMAX Fórum é uma organização criada em 2001 antes de ser publicado o padrão do IEEE 802.16, sem fins lucrativos, direcionada pela indústria para certificar e promover a compatibilidade e a interoperabilidade dos produtos sem fio de banda larga em que se baseia no padrão harmonizado IEEE 802.16⁹.

⁹ Disponível em [<http://www.wimaxforum.org/membership/membership-mission>], consultado em Julho de 2010.

Os produtos WiMAX Fórum certificados são totalmente compatíveis com a banda larga fixas, móveis e portáteis totalmente de banda larga fixas, móveis e portáteis. Esse fórum, em colaboração com os provedores de serviços e reguladores, garantem que os sistemas certificados sejam desenvolvidas em conformidade com às exigências governamentais¹⁰.

2.1.6 Área de Aplicação de WiMAX

As redes sem fio denominadas de redes metropolitanas ou WiMAX, atuam em alternativa das tecnologias de cabos telefônicos e cabos coaxiais¹¹ permitindo a construção de redes comunitárias segundo Moure, Fernandes e Mayer (s/d).

Continuando com os autores citados essa tecnologia opera num intervalo de frequência de 2 a 66 Ghz em que o intervalo mais utilizado é de 2,4 a 3,5Ghz.

2.1.7 Descrição do seu funcionamento

Segundo Grabianoeski & Brain (s/d) a tecnologia WiMAX apresenta duas partes, a primeira em forma de torre WiMAX que tem as mesmas características que a torre de um telemóvel e tem a capacidade de abranger uma área muito grande podendo atingir 8000 Km². Essa tecnologia cobre as áreas rurais como do território de Cabo Verde. Entretanto, segundo esses autores, essa torre pode conetar a outra torre WiMAX utilizando um *link* de micro-ondas chamado de *backhaul*. A outra parte como descreve os autores citados, é o recetor do *Wimax* em que pode existir um cabo *USB Modem* WiMAX podendo ser integrado no computador(portátil) para receber o sinal da rede WiMAX.

O funcionamento do WiMAX é semelhante ao *Bluetooth* (do ponto de vista de transmissão e receção de ondas de rádio), em que é utilizado para comunicar entre dispositivo pessoal como o *PDA*, telemóveis de nova geração e portáteis segundo Moure, Fernandes e Mayer (s/d).

¹⁰ Disponível em [<http://www.wimaxforum.org/>] consultado em Julho de 2010.

¹¹ **Cabos Coaxiais:** Cabo condutor para conduzir sinais de forma isolada do ambiente [Wikipédia (2014)].

Estes autores frisam ainda que o sistema consiste na transmissão de internet banda larga, em que tem grande capacidade de processamento, sem haver a necessidade de fios ou cabos.

Já de acordo com Rebêlo (2005), a maneira de transmissão do sinal do WiMAX é semelhante a de um telemóvel em que uma torre central manda o sinal para várias outras torres espalhadas multiplicando-se o sinal até chegar aos recetores. Na ótica desse autor o utilizador tem de ter uma pequena antena recetora sobre a qual resulta a conexão que vai até o seu portátil. A Figura ilustra o funcionamento de WiMAX.



Figura 10 – Como funciona o WiMAX

Fonte- Rebêlo (2005)

Segundo Rebêlo (2005), a Tecnologia WiMAX funciona como uma rede de telemóveis em que permite a distribuição do acesso á internet através das coberturas feitas pelas antenas que estão espalhadas na área. Através dessas antenas o sinal de WiMAX pode alcançar um raio até 50 quilómetros e uma velocidade máxima de transmissão de 75Mbps. No entanto, com o aparecimento de obstáculos como por exemplo, montanhas e prédios altos nas cidades pode reduzir essa abrangência segundo ainda o mesmo autor.

Segundo Lima (2008), a tecnologia WiMAX e Wi-Fi tem mais ou menos o mesmo funcionamento, no entanto as tecnologias WiMAX apresenta velocidade superior e abrange uma maior distância e consequentemente maiores quantidades de utilizadores.

“Na prática, o WiMAX funciona como o Wifi, mas a velocidade mais alta, em distâncias maiores e para um número bem maior de utilizadores. O WiMAX poderia acabar com as áreas que hoje não têm acesso á internet de banda larga porque as empresas de telefone e tv a cabo ainda não levaram os fios necessários até estes remotos locais”. (Boas, 2007).

A figura em baixo apresenta um cenário de WiMAX em que apresenta o *link* WiMAX para terminais eletrónicos (computador portátil), para residenciais e também sinal para uma cidade que a partir daí através de pontos de acesso distribuir o sinal através da tecnologia Wi-Fi.

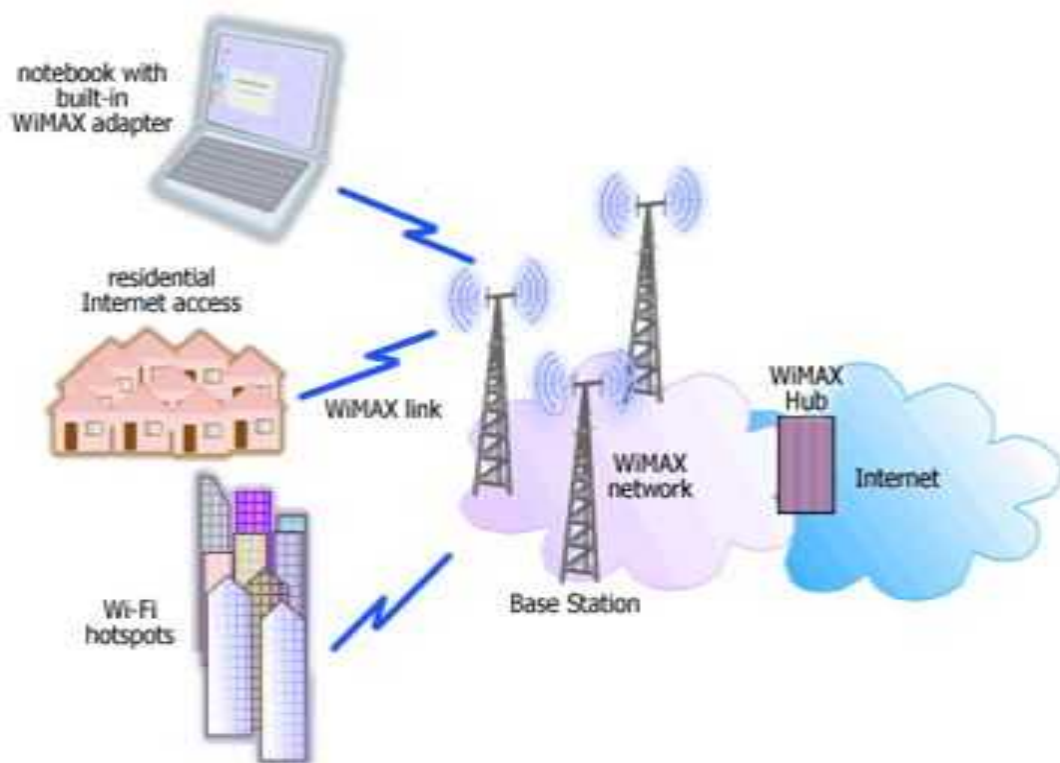


Figura 11 – Cenário de WiMAX

Fonte- http://www.conniq.com/InternetAccess_WiMAX.htm,
Consultado em Agosto de 2010.

2.1.8 Backhaul

O conceito de *Backhaul* pode ser entendido com uma infraestrutura que suporta a conexão para a banda larga do *STFC* (Serviço Telefónico Fixo Comutado), que faz a interligação das redes de acesso ao *backbone* da operadora segundo Silva & Soares (2009a).

Prado & Lima (2006a) diz que utiliza-se a tecnologia sem fio *Backhaul* para transmitir dados para um *backbone*¹² de rede. A figura ilustra o *link* WiMAX.

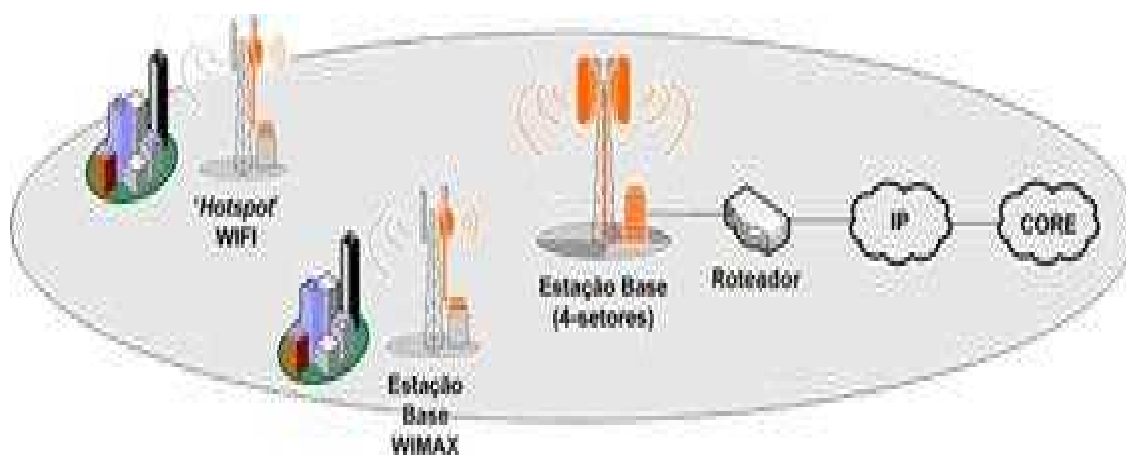


Figura 12 – CORE¹³
Backhaul

Fonte- Silva & Soares(2009a).

Silva & Soares (2009a) argumenta que a tecnologia *Backhaul* apresenta um conjunto de características nomeadamente a formação da rede, a capacidade para escoar o tráfego da *ERB* e a interligação das estações rádio base.

¹²*Backbone*: Significa “espinha dorsal”, e é o termo utilizado para identificar a rede principal pela qual os dados de todos os clientes da Internet passam. Pode-se dizer que é a espinha dorsal da Internet [Quizlet (2013)].

¹³*Core Network*: É a parte central de uma rede de telecomunicações que fornecem vários serviços aos clientes que estão conetados pela rede de acesso (Wikipédia [2013]).

2.2 Arquitetura de WiMAX

O padrão IEEE 802.16d foi desenvolvido assim para ficar como suporte aos vários tipos de arquitetura, nomeadamente, a arquitetura ponto - a - ponto, a arquitetura ponto - multiponto e a arquitetura *mesh* segundo Ribeiro (2007). É nessa ótica, que o autor citado, mostra que a definição da arquitetura a ser utilizada num projeto tem uma importância extrema, dado que na implementação da rede WiMAX torna-se importante conhecer as características de cada arquitetura assim para poder saber qual será a melhor escolha para um dado projeto.

2.2.1 Arquitetura ponto- a -ponto

Na arquitetura ponto - a - ponto utiliza-se duas antenas de rádio em que interligará dois pontos segundo Oliveira (2005) citado Ribeiro (2007). Segundo o autor citado, nessa arquitetura, há uma única interligação com o utilizador, caso de uma empresa com o filial. Há pouca facilitação de adição de novos nós na rede, entretanto, existe uma maior largura de banda nesta solução.

Os equipamentos que se utilizam nessa arquitetura são os que se utilizam na rede interna, conetam-se a uma antena externa, para poder haver ligação de um ponto para outro. Utilizam conexão para interligar *LAN's* em alta velocidade tendo possibilidade de utilizar o *VOIP* (Voz sobre Internet Protocolo), segundo faz referencia o Oliveira (2005).

A figura que se segue ilustra uma conexão ponto a ponto.



Figura 13 – Conexão ponto-a-ponto

Fonte- Guesse (2009)

2.2.2 Arquitetura ponto – multiponto

Na arquitetura ponto - multiponto há um ponto central que emite o sinal para vários outros pontos. Por exemplo uma empresa central que emiti sinal para os seus filiais segundo Oliveira (2005).

Na opinião de Oliveira (2005) citado por Ribeiro (2007), nessa arquitetura a rede implementada permite abranger um grande número de utilizadores diminuindo os equipamentos de redes nomeadamente o número de *routers*, *switches* e outros equipamentos que são necessários para manter o funcionamento de uma rede cabeada. Assim, segundo ainda Oliveira(2005) citado por Ribeiro (2007) com a arquitetura ponto - multiponto dado que vários utilizadores são atendidos simultaneamente a partir de um ponto base em que se posiciona estrategicamente, esse ponto base permite cobrir uma área onde é oferecida aos clientes assinantes uma redução aos custos e uma maior facilidade no caso de adição de nós, mas com uma largura de banda reduzida.

A figura seguir mostra uma conexão ponto-multiponto.

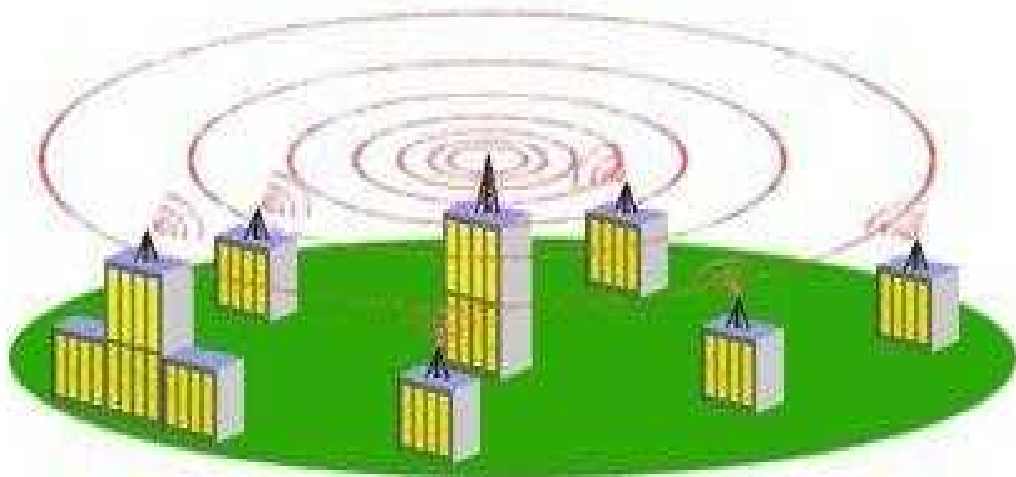


Figura 14 – Conexão ponto - Multiponto

Fonte- http://www.wirelessip.com.br/wirelessip/tipos_ligacao,

consultado em Julho de 2010

2.2.3 Arquitetura Mesh

De acordo com Teixeira (2006) citado por Ribeiro (2007) a arquitetura *mesh*¹⁴ é semelhante à arquitetura ponto multiponto, porém existem diferenças, pois nessa arquitetura ponto multiponto o tráfego ocorre entre a estação base e os utilizadores e também vice-versa, enquanto que na arquitetura *mesh* o tráfego é roteado através dos outros utilizadores em que cada utilizador funciona como “nós”. Portanto, com esta comunicação por nós cria-se uma rede com vários caminhos alternativos, evitando assim, a possibilidade de haver pontos de congestionamento.

Segundo o mesmo autor citado por Ribeiro (2007) na arquitetura *mesh* oferece redundância e uma maior confiabilidade, no entanto é essa arquitetura a mais cara de se construir, pois cada nó da rede requer um *router*.

De acordo com Oliveira (s/d), a tecnologia de rede sem fio permite uma comunicação *mesh*, sem haver a necessidade de um ponto de acesso, utilizando *routers*, repetidores, *desktops*, *note-books* e telemóvel. Continuando ainda com o autor citado, frisa ele que a internet é tipicamente uma rede *mesh*, em que a comunicação passa por diversos caminhos diferentes, pacote até chegar ao seu destino. A figura que se segue ilustra uma arquitetura *Mesh*.

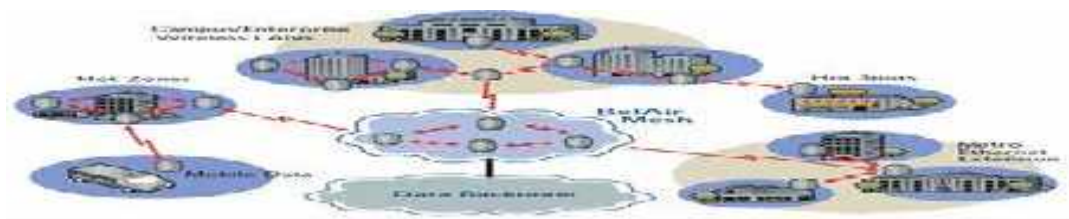


Figura 15 – Arquitectura mesh

Fonte -Teixeira (2006)

14

Mesh: topologia de rede sem fio, conhecida também como multiponto-a-multiponto, na qual os assinantes (estações) dentro de uma área geográfica estão interconetados e podem atuar como estações repetidoras. Isso permite uma variedade de rotas entre o núcleo da rede e qualquer estação assinante. Sistemas *mesh* não possuem estações base no sentido convencional, como na topologia ponto-a-multiponto [IEEE Std 802.16.2-2001].

2.3 Padrões de WiMAX

Em julho de 1999 começou o trabalho de pesquisa para regularizar o padrão 802.16 pelo IEEE e acabou por ser aprovado em Abril de 2002 segundo Tannenbaum (2003) citado por Souza (2006). Esse padrão, oficialmente tem o nome de Interface aérea para sistemas fixos de acesso sem fio de banda larga, muitos chamam-na de *WMAN* (rede metropolitana sem fio) e também é a mais divulgado por WiMAX (Interoperabilidade Mundial para acesso de Micro-ondas) nome esse que foi atribuído por WiMAX Fórum.

Segundo o mesmo autor citado por Souza (2006), o padrão IEEE 802.16 apresenta uma alternativa em que permite uma conexão sem fio de banda larga em vez de redes cabeadas abrangendo uma grande área geográfica sem a necessidade de investir em infraestrutura de custos elevados oferecendo um maior conforto quanto á mobilidade do terminal eletrônico e cobrindo áreas de difícil acesso e áreas rurais.

2.3.1 *Caraterísticas dos padrões de WiMAX*

A seguir apresentam-se as caraterísticas dos padrões de WiMAX, detalhando cada um dos padrões IEEE 802.16a, 802.16b, 802.16c, 802.16REVd e 802.16e.

2.3.2 *Padrão IEEE 802.16a*

Este foi o padrão que foi a primeira a fazer a revisão do padrão inicial, e aconteceu em Abril de 2003. Nesse padrão a banda de frequência foi reduzida apresentando num intervalo entre 2 a 10Ghz, segundo Santos (s/d).

Segundo Lima, Soares & Endler (2006) dizem que o padrão 802.16a foi aprovado no ano de 2003 mais precisamente no mês de Janeiro, em que esse padrão utiliza antenas de transmissão sem linha de vista direta (*NLOS* - Nenhuma linha de vista). O padrão IEEE 802.16a foi

projetado para dar respostas às frequências baixas que se encontra num intervalo de 2 a 11Ghz em que muito do quais não estão licenciadas.

Este padrão IEEE 802.16a apresenta uma taxa de transmissão de dados girando a volta dos 75Mbps e utiliza também canais de 20 MHz.(WiMAX, 2007).

2.3.3 Padrão IEEE 802.16b

O padrão IEEE 802.16b foi publicado em Abril de 2002 em que a sua taxa de frequência opera num intervalo entre 10 a 66Ghz. Utiliza antenas de transmissão com vista direta (*LOS*-Linha de Sinal) tendo uma taxa de transmissão variando entre 32 a 134Mbps, utilizando canais de 28 MHz e atingindo um alcance máximo de 50 Km. (WiMAX, 2007).

De acordo com Prado (2006) citado por Boas (2007) para operar na faixa de frequência ISM (Instituto para a gestão de fonte) de 5Ghz o padrão IEEE 802.16b trata dos aspetos relativos á qualidade de serviço.

2.3.4 Padrão IEEE 802.16c

Na perspetiva de Prado citado por Boas (2007), o padrão IEEE 802.16c foi aprovado pelo comité no ano de 2002 no mês de Dezembro em que trouxe na sua especificação a interoperabilidade através dos perfis de sistemas que operam num intervalo de 10 Ghz a 66Ghz.

2.3.5 Padrão IEEE 802.16REVd

O padrão IEEE 802.16d conhecido popularmente por WiMAX Nómádico foi homologado em Janeiro de 2006 pelo Cetecom, nome esse de um laboratório espanhol. Este padrão apresenta algumas semelhanças do padrão 802.16a nomeadamente no intervalo de frequências

utilizadas que é de 2 a 11 Ghz, uma taxa de transmissão de 75Mbps e canais de 20 MHz. Quanto á capacidade de abrangência deste padrão atinge uma área de até 19km em cobertura *NLOS* (Nenhum Linha de sinal) e 30 a 40 Km em cobertura *LOS* (linha de sinal) (WiMAX, 2007).

Segundo Prado (2006) citado por Boas (2007), considera que o padrão IEEE 802.16d tem as mesmas caraterísticas do IEEE 802.16, como referenciado anteriormente. Também esse padrão passa a suportar antenas *MIMO* (*Multiple Input, Multiple Output*) o que da acesso a utilização de várias antenas aumentando a capacidade do alcance do sinal. Ainda segundo Boas (2007) o WiMAX Nómadico(Fixo) é uma solução completa para voz, dados e vídeos com qualidade de serviço, tendo uma banda larga sem fio e uma infraestrutura de banda larga de telemóvel e de Wi-Fi.

2.3.6 Padrão IEEE 802.16e

Segundo Fagundes (2005), o padrão IEEE 802.16e dado que é uma extensão de 802.16-2004 surgiu com o objetivo de 802.16e adicionar portabilidade tornando os clientes móveis hábeis para o acesso direto á rede WiMAX.

Continuando ainda com o autor citado esse padrão 802.16e utiliza uma técnica de multiplexação denominada de *OFDMA* (Acesso múltiplo de divisão de frequência ortogonal) que assemelha ao *OFDM* (Multiplexação de divisão de frequência ortogonal) em que essa técnica de *OFDM* utiliza sub - canais permitindo utilizar transmissão paralela e divisão de fluxo digital de alta e baixa taxa de *bits*.

O padrão IEEE 802.16e mostra uma mobilidade em que cria redes metropolitanas sem fio móveis operando numa frequência num intervalo de 2 a 6Ghz e apresentando uma taxa de transmissão reduzida de 15Mbps numa mobilidade máxima de 150km/h segundo Intel (2006) citado por Souza (2006). Neste padrão de acordo com a fonte citado por Souza(2006) não

requer linha de vista para suas antenas *NLOS* (nenhuma linha de vista) pois utiliza as modulações *OFDMA* E *OFDM* explicado por Fagundes (2005) em cima.

2.3.7 Comparação dos padrões da família IEEE 802.16

A tabela que se segue sintetiza as características fulcrais dos padrões mais relevantes da família IEEE 802.16 segundo Souza (2006).

Padrões IEEE 802.16	IEEE 802.16	IEEE 802.16a/REVd	IEEE 802.16e
Homologação	Dezembro de 2001.	802.16a: Janeiro de 2003 802.16 REVd: Junho de 2004	Homologado em 2005.
Frequência	10 – 66 Ghz	2 – 11 Ghz	2 – 6 Ghz
Condições do Canal	LOS (<i>Line of Sight</i>)	NLOS (<i>Non Line of Sight</i>)	NLOS (<i>Non Line of Sight</i>)
Taxa de Transmissão	Entre 32 e 134 Mbps (canal de 28 MHz)	Até 75 Mbps (canal de 20 MHz)	Até 15 Mbps (canal de 5 Mhz)
Mobilidade	Fixa	Fixa (nômade) e portátil	Mobilidade, <i>roaming</i> ¹⁵ Regional
Largura de Banda	20, 25 e 28 MHz	Entre 1,5 e 20 MHz, com até 16 sub- canais lógicos	Entre 1,5 e 20 MHz, com até 16 sub - canais lógicos
Raio da Célula	2 – 5 Km	5 – 10 Km Alcance máximo de 50 Kms dependendo do tamanho da antena, seu ganho e potência de transmissão(entre outros parâmetros)	2 – 5 Km

Tabela 3 – Comparação de padrões IEEE 802.16

Fonte: Souza (2006).

2.3.8 WiMAX Nômadico (Fixo) e Móvel

O WiMAX quanto à mobilidade possui esses padrões atualmente, Nômadico (Fixo) IEEE 802.16d e Móvel IEEE 802.16e segundo Prado (2006). De seguida serão apresentados esses padrões, que são as seguintes:

¹⁵ *Roaming*: É um termo utilizado em comunicações sem fios, que se refere a extensão de conectividade de um terminal móvel, por redes em que o subscritor (dono do terminal móvel), não está inscrito [Cristina & Henriques (s/d)].

- **Nómadico (Fixo) IEEE 802.16d (ratificado em Junho de 2004)** esse padrão possui o acesso à banda larga fixa sem fio em que foi homologado os seus primeiros equipamentos pelas empresas *Aperto Network*, *Redline Communications*, *Wavesat* e *Sequans* no mês de Janeiro de 2006 pelo laboratório espanhol chamado de Cetecom. Esse padrão é uma solução completa para voz, dados e vídeo (*streaming*) com qualidade de serviço e segurança intrínseco. Pode-se dizer também que o WiMAX “Nómadico” é uma alternativa sem fio para se ter o acesso a banda larga ao cabo *ADLS* que alcança dentre 8 a 12 km em cobertura *NLOS* e de 30 a 40 km em cobertura *LOS* fornecendo uma taxa de transmissão de até 70Mbps por estação rádio base. É de se referir, que esse WiMAX “Nómadico” apresenta uma série de aplicações nomeadamente banda larga sem fio, infra – estrutura de banda larga de telemóvel e de Wi-Fi como também de serviços de *Voip*.
- **Móvel IEEE 802.16e (ratificado em Dezembro de 2005)** esse padrão possui o acesso a banda larga sem fio móvel em que consegue assegurar a conectividade em velocidades de até 100 km/h, tendo os seus equipamentos no mercado desde 2007.

Segundo Prado (2006) a diferença principal entre WiMAX “Nómadico” (ou fixo) e WiMAX móvel é que WiMAX fixo o primeiro é apenas portátil, não comuta e não possui *handoff*¹⁶ entre estações de Rádio Base em altas velocidades enquanto o segundo comuta, possuindo *handoff* entre estações Rádio base em velocidades de até 100 km/h. A tabela que se segue faz comparação entre WiMAX fixo e WiMAX móvel nos itens Banda de frequência, Débito e Alcance.

Padrão	Banda de Frequência	Velocidade de transmissão	Alcance
WiMAX Nómadico (802.16-2004)	2-11Ghz (3,5Ghz em Europa)	75 <i>Mbits/s</i>	10 Km
WiMAX Móvel (802.16.e)	2-6 Ghz	30 <i>Mbits/s</i>	3.5 Km

Tabela 4 – Comparação de padrões IEEE Nómadico 802.16d e Móvel IEEE 802.16e

Fonte: (Kioskea,2009b)

¹⁶ *Handoff*: é o procedimento empregado em redes sem fio para tratar a transição de uma unidade móvel de uma célula para outra de forma transparente ao utilizador [Simão,F& Bento,H. (s/d)].

2.4 Caraterística Técnica do WiMAX

Nesse ponto vamos apresentar as caraterísticas técnicas das tecnologias wimax sendo as seguintes: Velocidade e Throughput, escalabilidade, cobertura, qualidade de serviço e segurança.

2.4.1 Velocidade e Throughput¹⁷

As tecnologias WiMAX têm uma elevada taxa de *throughput* apresentando uma grande capacidade de abrangência e uma capacidade de eficiência espectral forte tolerante às reflexões de sinais conforme Teixeira (2006).

O WiMAX apresenta um raio típico atingindo 6 a 9Km e uma velocidade de transmissão variando entre 1Mbps a 75Mbps, depende entretanto das condições de propagação dessa velocidade de transmissão, segundo ainda Teixeira (2006).

Ainda continuando com o autor citado através de uma Estação Rádio Base com uma modulação dinâmica adaptativa negocie o *throughput* e o alcance do sinal. Um exemplo prático, é caso de uma estação Rádio Base não poder estabelecer um *link* com um cliente que está localizado a uma distância longa, neste caso, utiliza um esquema de modulação de maior ordem, 64QAM (Modulação de quadratura da amplitude) reduzindo para 16 QPSK (Fecho do Deslocamento de Quadratura de Fase) tendo como consequência a redução de *throughput* e o aumento do alcance do sinal.

¹⁷ *Throughput (ou taxa de transferência)*: é a quantidade de dados transferido de um lugar a outro, ou a quantidade de dados processados em um determinado espaço de tempo. (Wikipédia,2013).

2.4.2 Escalabilidade

Tanto nas faixas licenciadas quanto nas não licenciadas para planejar com facilidade as células de WiMAX o padrão IEEE 802.16a /d consegue suportar variadas larguras de banda segundo Prado (s/d) citado por Monteiro (2009). Um operador com 20Mhz de espectro, pode dividi-lo em dois ou quatro setores ficando com 10Mhz dividindo-o por 2 e 5Mhz por 4 segundo ainda o autor citado por Monteiro(2009).

Segundo o mesmo autor citado por Monteiro (2009), o operador tem a probabilidade de crescer em relação ao número de utilizadores mantendo um bom nível de alcance do sinal e também um bom nível de *throughput*. O operador tem a possibilidade de utilizar o mesmo espectro em dois ou mais setores acabando por criar um isolamento entre as antenas da estação rádio base.

2.4.3 Cobertura

O padrão IEEE 802.16 consegue suportar tecnologias que permitem a expansão de cobertura incluindo tecnologias “*smart antenna*”¹⁸ e tecnologias *mesh* segundo Teixeira (2006).

2.4.4 Qualidade de serviço

A nível de qualidade de serviço tecnologia WiMAX permite transmitir voz e vídeo com qualidade, requerendo, no entanto, redes de baixa latência¹⁹, segundo Teixeira (2006).

¹⁸ *Smart antena*: Antenas inteligentes (também conhecidas como antenas de matriz de adaptação, antenas múltiplas e recentemente, MIMO- (Múltipla entrada e múltipla saída) são antenas que utiliza vários transmissores e recetores para transferir mais dados ao mesmo tempo[Intel(2007)].

¹⁹ *latência*: é o atraso de tempo entre o momento que um evento iniciou e o momento que os efeitos iniciam[TANENBAUM(2003a)].

Ainda com o mesmo autor citado, o MAC (Media Acesso Controlo) do padrão IEEE 802.16 prevê um volume alto de serviços num padrão equivalente aos serviços que são disponibilizados pelo *ADSL* e do *modem* utilizando cabo bem como um bom nível de serviço para os clientes mantendo tudo dentro da mesma estação rádio base.

2.4.4.1 *Serviços Oferecidos pela rede WiMAX*

Enquanto no sistema de telemóveis, os clientes estão ligados a um sistema telefónico, já no WiMAX os clientes estão ligados diretamente à internet, em que oferecem esses quatro tipos de serviços básicos. (Tbtinfo, 2010):

- Acesso à internet sem fio por banda larga;
- Telefone fixo através de *VoIP*;
- Telefonia Móvel através de *VoIP*;
- TV via Internet.

2.5 Segurança

Ao falar da segurança nas tecnologias WiMAX, primeiramente há que levar em conta que WiMAX é uma tecnologia recente. Os elementos que permitem o estabelecimento do padrão foram determinados em 2004 e naturalmente foram definidos alguns aspetos de segurança, segundo Perazzo (2007).

De acordo com o autor referido, tem de se ter um canal de comunicação entre estação de subscritor e Estação Rádio Base em que Estação Subscritor é autenticada pela Estação Rádio Base através do protocolo *PKM* (*Privacy Key Management*- Gestão de Chave de Privacidade) gerando e trocando as chaves de segurança tornando efetivo a conexão. Friza ainda Perazzo (2007), que na camada *MAC* existe uma sub - camada de segurança chamada de Controlo de Acesso e Segurança tendo os seguintes componentes:

- SA's (*Security Association* - Associação de Segurança);
- Certificados do tipo X.509 em que determina uma infraestrutura e formatos padrões de chaves públicos;
- Criptografia *DES* e *AES*

O padrão IEEE 802.16 leva em conta as características de privacidade e a criptografia de modo a permitir uma transmissão segura e incluindo também os procedimentos de autenticação, segundo Teixeira (2006).

Segundo Monteiro (2009), o IEEE especifica uma subcamada de segurança, localizada abaixo da subcamada *MAC* que fornece privacidade às estações cliente, através da encriptação das conexões geradas. Para além disso, na ideia desse autor a subcamada protege as estações base contra o acesso não autorizado a seus serviços, através de um protocolo de administração de chaves, de métodos de autenticação baseados em certificados digitais, e de criptografia. Ainda Monteiro (2009), considera, que as vulnerabilidades existentes anteriormente no padrão IEEE 802.11 foram eliminadas em que um caso disso é a existência de somente a criptografia *DES* mas entretanto adicionou-se o suporte ao algoritmo da criptografia *AES*.

2.5.1 Criptografia

O *DES* (*Data Encryption Standard* - Padrão de Cifragem de Dados) é o primeiro padrão de criptografia de dados especificados pelo IEEE 802.16 em modo *CBC* (*Cipher- Block Chaining* - Cifra de Bloco Encadeado) segundo Monteiro (2009). De acordo com o mesmo autor, através do modo *CBC* realiza-se uma operação de ou exclusivo com o resultado da encriptação do bloco anterior a ele antes de um bloco de dados ser encriptado. Este Padrão leva em conta outro padrão mais seguro chamado de *AES* (*Advanced Encryption Standard* – Padrão Avançado de Cifragem) no modo *CCM* (Contador com *CBC-MAC*) em que combina os modos contador permitindo blocos *Keystream* - sequência de chave através da encriptação de valores sucessivos de um contador, e *CBC-MAC* (Código de autenticação de mensagem do encadeamento do bloco da cifra) em que utiliza o modo *CBC* (*Cipher- Block Chaining* - cifra de bloco encadeado) para permitir criar um código de autenticação de mensagens.

2.6 Equipamentos de WiMAX

Será apresentado nesse ponto os equipamentos das tecnologias WiMAX, nomeadamente as estações rádio base que são divididos em dois, estação base e estação subscritor. Será demonstrado também os recetores de sinal wimax, os seus fabricantes e as antenas direcionais e omnidirecionais.

2.6.1 Estações

As estações de Rádio Base (*ERBs*) são um conjunto de equipamentos instalados numa zona adequada, que permite a comunicação entre o cliente que tem o terminal eletrónico móvel e a operadora que fornece o serviço segundo Henriques & Martins (2009).

Ainda no dizer desses mesmos autores uma ERB é composta pelos seguintes elementos:

- O espaço adequado em que será fixada a estação;
- A infraestrutura completa para a instalação dos equipamentos nomeadamente a parte civil, elétrica, a climatização e energia com autonomia em caso de falta de energia;
- A torre em que se coloca as antenas para permitir a comunicação com os terminais eletrónicos móveis.

De acordo com Fernandes (2006), quanto ao nível de estações são definidos dois tipos:

- Estação Base - Controla e consegue gerar conexão enviando dados pelo *downlink* numa topologia Ponto- Multiponto e se responsabiliza também por atribuição de canais aos vários subscritores. É de referir, que no dizer de Henriques & Martins (2009) existem dois tipos de *ERB* a *Green Field* e *Roof Top* (Parte superior do telhado) em que *Green Field* são aquelas em que são instaladas propriamente no solo e *Roof Top* são as que são instaladas em pavimentos de cobertura de edifícios.
- Estação Subscritor – Terminal que comunica com a estação base em que envia dados pelo *uplink* normalmente numa topologia ponto - ponto ou pode utilizar uma topologia

em *mesh* conforme ainda Henriques & Martins (2009). Ainda na ideia desses mesmos autores todas as estações no setor e no mesmo canal recebem a mesma informação.

A figura que se segue apresenta uma Estação Base *Green Fiel*, ou seja, uma estação base fixada ao chão.



Figura 16 – Estação Base Green Field

Fonte- www.tdwimoveis.com/artigos ,

Consultado em Novembro de 2010.

Ilustra – se em seguida uma Estação Base *Roof Top*, ou seja, uma estação base que se coloca em cima de um terraço de um prédio.



Figura 17 – Estação Base Roof Top

Fonte- http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialerb/pagina_1.asp,

Consultado em Novembro de 2010.

A seguir encontrar-se-á um conjunto de características de uma estação base em conformidade com o Inatel (s/d) com as respectivas características da estação base sendo as seguintes:

- Tem um grande número (milhares) de utilizadores em simultâneos;
- Apresenta um potencial máximo de transmissão;
- Apresenta um padrão IEEE 802.16 (a,d,e,m) certificado pelo WiMAX Forum, permitindo interoperabilidade com outros fabricantes;

- Atende normas de Qualidade de Serviço IEEE 802.1p.

Estação de Subscritor/Trabalho este é um terminal que consegue comunicar com a estação base enviando dados pelo *uplink* utilizando topologia ponto a ponto ou também topologia *mesh* segundo o conceito de Silva & Soares (2009b).

A figura a seguir ilustra o tráfego de *uplink* e *Downlink* entre uma estação Rádio WiMAX e uma estação de trabalho WiMAX.

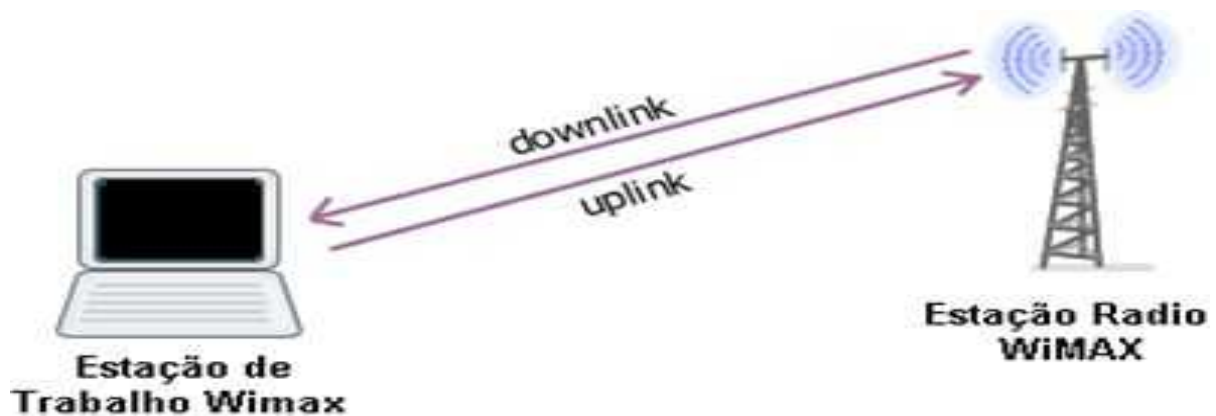


Figura 18 – Tráfego de Uplink e Downlink

Fonte – Silva & Soares (2009b)

A seguir será mostrado um conjunto de descrições de uma estação subscritor/Trabalho em conformidade com o Inatel (s/d) e as características da estação subscritora segundo Inatel(s/d) que são os seguintes:

- Apresenta uma antena integrada ou externa;
- Apresenta padrão IEEE 802.16 (a, d, e, m) certificado pelo WiMAX Forum;
- Frequência de operação (faixa licenciada, *ISM*, 2.4Ghz, 5.8Ghz);
- É homologado na Anatel;
- Atende normas de Qualidade de Serviço.

2.6.2 Recetores de WiMAX

De seguida é apresentada a imagem dos diferentes equipamentos de clientes que recebem o sinal de WiMAX. A figura que se segue ilustra o recetor de sinal WiMAX com múltipla entrada e múltipla saída.



Figura 19 – CPE Normal

Fonte- BoydJones (2008)

A figura que se segue ilustra um simples recetor de WiMAX ou seja, um *Outdoor CPE* que serve para receber o sinal de WiMAX da estação base.



Figura 20 – Outdoor CPE

Fonte- Pavlov (2008).

A figura ilustra um *Modem WiMAX USB* em que serve para conetar num terminal eletrónico móvel.



Figura 21 – Modem WiMAX USB

Fonte-Cavalheiro(2010)

2.6.3 Fabricantes de Equipamentos de WiMAX

Dado que WiMAX Forum tem como fim assegurar a interoperabilidade entre os equipamentos de diferentes fabricantes²⁰, pode-se ver a seguir uma lista de empresas fabricantes de equipamentos WiMAX. (Inatel, s/d):

- *Airspam*
- *Alvarion*
- *Aperto Networks*
- *Excelera Broadband Wireless*
- *Beceem*

²⁰Disponível em [<http://www.wimaxforum.org/membership/membership-mission>], consultado em Julho de 2010.

- *Huawei*
- *E. T. Industries*
- *Intel Corporation*
- *Motorola*
- *Nokia Siemens Network*
- *Posdata*
- *Redline Communications*
- *Runcom Technologies*
- *Samsung*
- *Selex Communications*
- *Siemens AG*
- *SR Telecom*
- *Telsima*
- *Wavesat Inc*
- *ZyXEL Communications Corp*

2.6.4 Antenas

Normalmente as antenas utilizadas nas tecnologias WiMAX são utilizadas também pela ligação Wi - Fi que se dividem em direcionais e omnidirecionais, segundo Morimoto (2008).

2.6.4.1 Antenas Direcionais

Segundo Oliveira (s/d) citado por Monteiro (2009) as antenas direcionais concentram o sinal numa direção determinada e com um ângulo determinado tendo como consequência um grande poder de alcance dessas antenas. Ainda, na ideia desses autores citados por Monteiro (2009) utilizam essas antenas para enviar sinais a longas distâncias, como por exemplo de edifício para edifício. Frequentemente utilizam essas antenas para poder fazer comunicações entre estações com possibilidade de haver uma ou mais estações base²¹.

Essas antenas dividem-se em :

- **Parabólica**

Antenas direcionais parabólicas são utilizadas para poder transmitir via satélite e também fazer *link wds* entre as torres que fazem a transmissão (Monteiro, 2009). Pode-se ver na figura uma Antena Direcional Parabólica.

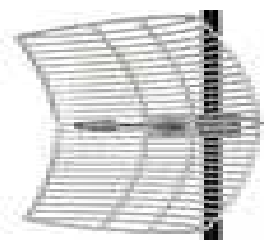


Figura 22 – Antena Direcional Parabólica

Fonte - Hiperlink Technologies (2009)

- **Setoriais**

Na ótica de Oliveira (s/d) citado por Monteiro (2009) as antenas direcionais setoriais são feitas com o intuito de dividir a área de cobertura circular em setores apresentando um ângulo de abrangência podendo ser de 30°, 60°, 90° ou 120° com o objetivo de

²¹Disponível em

[<http://www.wirelessip.com.br/wirelessip/equipamentos/lista Equipamento?categoria=1028301710>], consultado em Junho de 2010.

facilitar a alocação e a reutilização. No dizer do autor citado por Monteiro (2009) as antenas setoriais são utilizadas com maior frequência em arquitetura ponto multiponto. Pode-se ver na figura uma Antena Direcional setorial.



Figura 23 – Antena Direcional Setorial

Fonte-

http://www.wirelessip.com.br/wirelessip/equipamentos/lista_equipamento?categoria=1028301710 ,

Consultado em Agosto de 2010.

2.6.4.2 *Antenas Omnidirecionais*

De acordo com Oliveira (s/d) citado por Monteiro (2009), as antenas omnidirecionais permitem abranger uma área de cobertura num ângulo de 360° registam sinais em todas as direções permitindo que se estabeleça comunicações independentemente do ponto em que se encontra, entretanto o poder de alcance deste tipo de antena é menor em relação às antenas direcionais.

Esses tipos de antenas funcionam bem em áreas grandes ou também em aplicações multiponto. Utiliza-se este tipo de antenas em estações base, com estações remotas ao redor delas²². Pode-se ver na figura uma antena omnidirecional.

²²Disponível em

[\[http://www.wirelessip.com.br/wirelessip/equipamentos/lista_equipamento?categoria=1028301710\]](http://www.wirelessip.com.br/wirelessip/equipamentos/lista_equipamento?categoria=1028301710), consultado em Junho de 2010.



Figura 24 – Antenas Omnidirecional

Fonte- <http://www.reompa.com.br/subcategoria/antenas-2-4Ghz.html/page/2/>,

Consultado em Setembro de 2010.

2.7 Modo de Propagação do Sinal

As formas de propagação do sinal na comunicação sem fio são descritas como sendo *LOS* (*Line of Light*), ou *NLOS* (*Non Line of Sight*) segundo Ribeiro (2007).

2.7.1 Propagação LOS

No modo de propagação *LOS* o sinal vai de uma forma direta e sem objeções desde o transmissor até ao recetor segundo Mendonça (s/d). Diz ainda, o mesmo autor que num *link LOS* necessita que uma linha imaginária entre o emissor e o recetor chamada de “*Fresnel*” esteja totalmente livre e sem qualquer tipo de obstáculos para que possa haver condições ideais de visão direta.

Pode se ver na figura que se segue uma linha imaginária entre o transmissor e o recetor chamado de “*Fresnel*” quando não se encontra obstáculos ali o sinal é forte, mas entretanto quando houver obstáculos como o caso das árvores existentes, diminui o sinal.

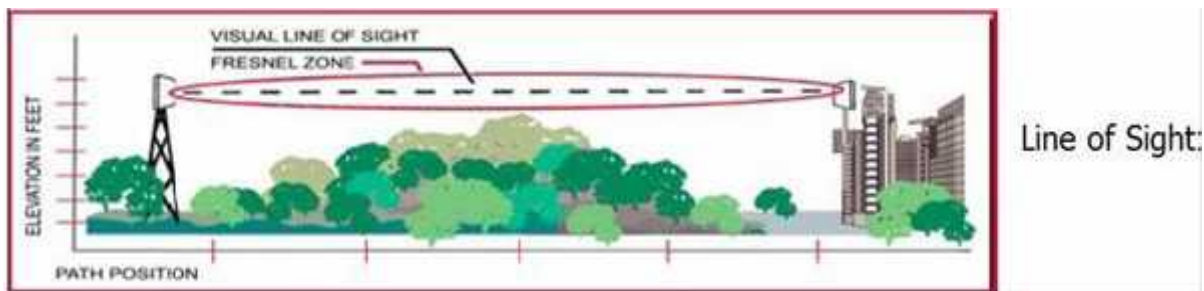


Figura 25 – Modo de propagação LOS

Fonte –Mendonça (s/d)

2.7.2 Propagação NLOS

No modo de propagação do sinal *NLOS* o sinal de um transmissor sem fio passa por vários obstruções antes de chegar ao recetor em que a chegada do sinal até este utiliza componente vários como diversidade em que nomeadamente o sinal é refletido, refratado, difratado, absorvidos ou dispersos²³. A figura mostra o modo de propagação de *NLOS*.

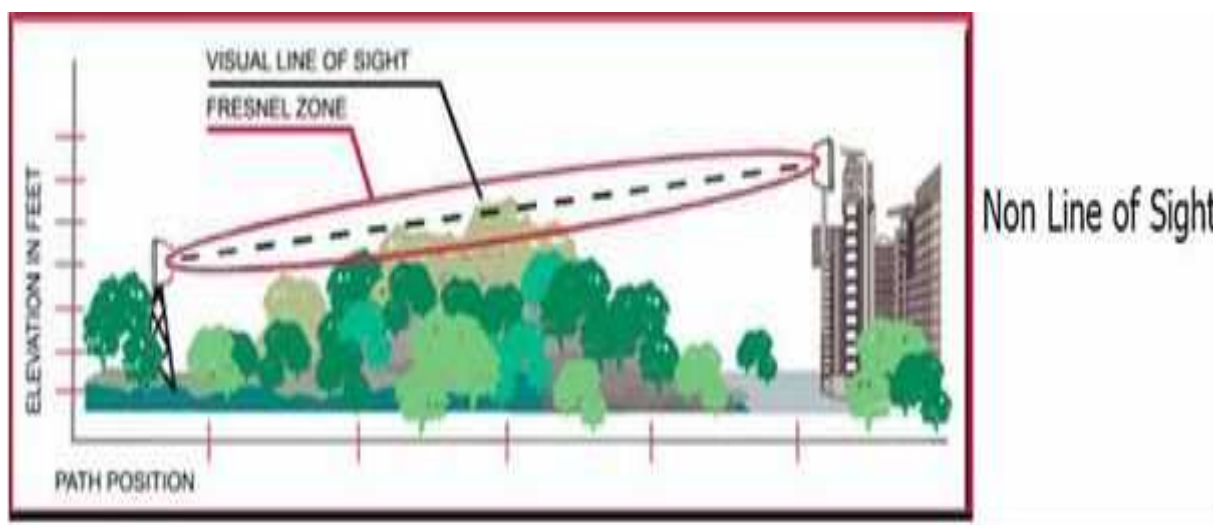


Figura 26 – Modo de propagação NLOS

Fonte –Mendonça (s/d)

2.7.3 Multiplexação²⁴ na Transmissão

A tecnologia WiMAX suporta dois tipos de multiplexação nomeadamente a *TDD* e a *FDD* segundo Silva & Soares (2009b).

²³Disponível em [<http://www.conniq.com/WiMAX/nlos-los.htm>], consultado em Junho de 2010.

²⁴*Multiplexação*: É um processo que codifica as informações de duas ou mais fontes de dados num único canal.

2.7.3.1 TDD (*Time Division Duplexing*)

O *TDD* tem como uma característica fundamental a possibilidade de poder alocar dinamicamente largura de banda entre o *link* reverso (*Uplink*) e o *link* direto (*downlink*), segundo Silva & Soares (2009b). É de referir também que no *TDD* utiliza-se a mesma faixa e frequência para a transmissão e receção em tempos diferentes segundo ainda Silva & Soares (2009b). A figura 27 mostra a faixa de frequência *TDD*.

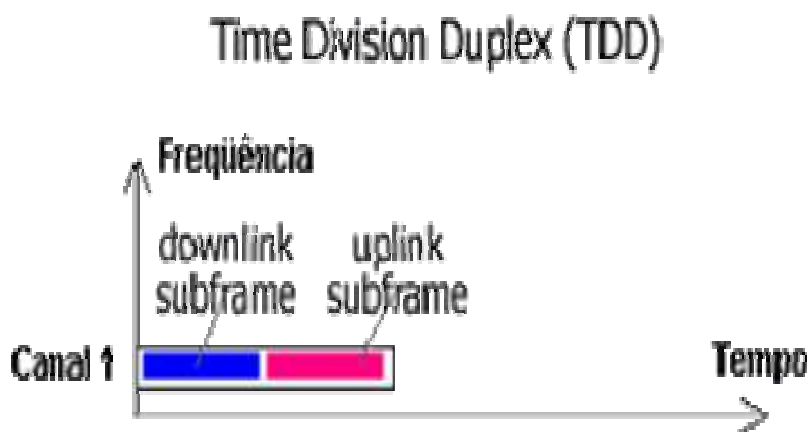


Figura 27 – Faixa de Frequência TDD

Fonte – Silva & Soares (2009b)

2.7.3.2 FDD (*Frequency Division Duplexing*)

O padrão *FDD* utiliza duas bandas separadas de frequência em que permite o terminal eletrónico móvel transmitir em uma frequência (*Link Directo - Downlink*) e receber noutra (*Link Revers-Uplink*) segundo Silva & Soares (2009b).

Segundo Monteiro (2009), são necessários dois canais para que seja possível utilizar bandas de frequência separadas, mas entretanto estes precisam estar separados por uma frequência de 50 a 100 Mhz na tecnologia WiMAX. A seguir apresenta-se a visualização das duas faixas de frequência separadas.

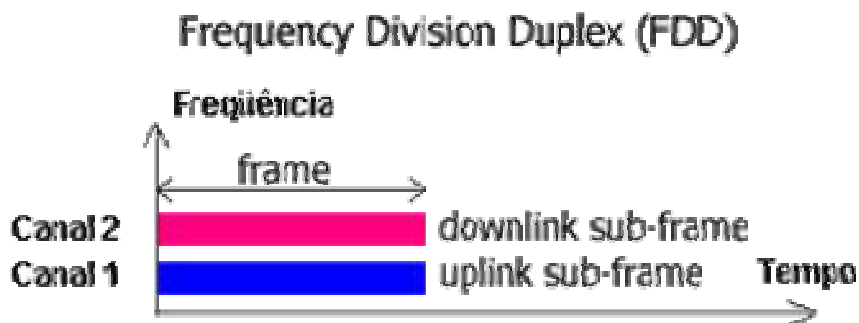


Figura 28 – Faixa de frequência FDD
Fonte – Silva & Soares (2009b)

2.7.3.3 Comparação entre TDD e FDD

A seguir apresenta-se uma tabela em que se faz a comparação dentre dos dois tipos de multiplexação *TDD* e *FDD* comparando-as a nível das descrições, vantagens, desvantagens e utilização.

	<i>TDD</i>	<i>FDD</i>
Descrição	Uma técnica de duplexação utilizada em soluções isentas de licença que utiliza um único canal tanto para <i>uplink</i> quanto para <i>downlink</i> .	Uma técnica de duplexação utilizada em soluções licenciadas que utilizam um par de canais no espectro, um para <i>uplink</i> e outro para <i>downlink</i> .
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Maior flexibilidade, pois não é necessário um par de espectros; • Maior facilidade de equiparação com tecnologias de antenas inteligentes; • Assimétrico 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologia comprovada para voz; • Projetado para tráfego simétrico • Não requer tempo de guarda
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Não pode transmitir e receber ao mesmo tempo; 	<ul style="list-style-type: none"> • Não pode ser implementado onde o espectro não for par; • O espectro é geralmente licenciado; • Custos mais elevados associados á compra de espectro

Utilização	<ul style="list-style-type: none">• Aplicações de dados que apresentam picos e são assimétricas;• Ambientes com padrões variados de tráfego;• Onde a eficiência de RF for mais importante que o custo	<ul style="list-style-type: none">• Ambientes com padrões de tráfego previsíveis;• Onde os custos do equipamento forem mais importantes do que a eficiência de RF.
-------------------	---	---

Tabela 5 – Comparação de TDD e FDD

Fonte: http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialww2/pagina_3.asp,

Consultado em Novembro de 2010.

2.7.4 Estudo da Tecnologia de Transmissão OFDM

A tecnologia de transmissão *OFDM* é um processo de divisão dos dados que são transmitidos ao mesmo tempo em frequências diferentes segundo Alves (2009).

De acordo com Pereira (2010), a técnica de modulação *OFDM* (Multiplexação de divisão de frequência ortogonal) surgiu através da técnica *FDM* (Multiplexagem por Divisão de frequência) proposta inicialmente em 1968 nos Estados Unidos da América.

Já no dizer de Sadok (s/d), considera ele que a tecnologia multiplexação de divisão de frequência ortogonal é uma técnica de modulação em que vários portadores de baixa taxa combinam-se para poderem transmitir de uma forma paralela tendo como resultado uma alta taxa de transmissão.

2.8 Estudo comparativo entre Wi-fi vs WiMAX

Nesse ponto será feito um estudo sobre as tecnologias Wi-Fi e as tecnologias WiMAX comparando – as nos seguintes itens: custo, técnicas, padrões, a largura de banda, raio de cobertura e frequência. No primeiro ponto desse capítulo comparam os custos, as técnicas e os padrões e na parte final desse ponto faz-se comparação do WiMAX Fixo e móvel com Wi-Fi.

2.8.1 Comparação em termos de custo

Um primeiro item de comparação entre a tecnologia Wi-Fi e a tecnologia WiMAX é o custo, pois é desvantagem de peso dessa tecnologia sem fio de banda larga em relação a tecnologia Wi-Fi. É que possui um valor de implementação dezenas de vezes maior em relação à Wi-Fi tendo assim a tecnologia Wi-Fi uma estabilidade forte no mercado, segundo Jardim (2007).

2.8.2 Comparação Técnica entre Wi-Fi e WiMAX

O quadro seguir apresenta uma comparação técnica entre a tecnologia Wi-Fi e a tecnologia WiMAX em que ambas as tecnologias são padronizadas pelo IEEE, sendo que essas duas tecnologias utilizam a mesma modulação (*OFDM*), tendo uma grande aceitação do mercado. A diferença inicia quando abordamos o espectro de frequência que se pode trabalhar em frequências não licenciadas. É de se referir que a tecnologia WiMAX encontra-se numa posição de destaque dado que tem uma qualidade de serviço total para todos tipos de serviços, tendo uma total segurança em que pode ser utilizado sem grandes gastos de infraestrutura. (Inatel, s/d).

Tecnologia Wi-Fi	Tecnologia WiMAX
Semelhanças	
IEEE Standard	IEEE Standard
Utilizam a Tecnologia <i>OFDM</i>	Utilizam a Tecnologia <i>OFDM</i>
Suportado por computadores e empresas de companhias Eletrónicas	Suportado por computadores e empresas de companhias Eletrónicas
Bom Modelo encaixado para os dispositivos	Bom Modelo encaixado para os dispositivos
Diferenças	
Nenhum Espectro dedicado	Espectro Dedicado
Interferência	Sem Interferência

Não projetado para a cobertura larga	Projetado para a cobertura larga
Qualidade de Serviço variado	Qualidade de Serviço perfeita
Sem experiência de cliente consistente	Experiência de cliente consistente
Segurança Limitado	Segurança Total
Caro para clientes frequentes	Barato para clientes frequentes

Tabela 6 – Comparação Técnica Wi-Fi vs WiMAX

Fonte: Inatel (s/d)

2.8.3 Comparação de Padrões

Após analisados os padrões da família IEEE 802.11 pertencentes à Wi-Fi e da família IEEE 802.16 pertencentes à WiMAX de seguida é apresentado um quadro resumido das comparações entre esses padrões estudados em cima.

	IEEE 802.11	IEEE 802.16
Aplicação Inicial	<i>LAN</i> sem fio	Acesso á banda larga sem fio (<i>BWA</i>)
Taxa de Transmissão	54Mbps (canal de 20 MHz)	75Mbps (Canal de 20 Mhz)
Alcance	Projetado para 100m	Até 50Km
Qualidade de Serviço	Nenhum (Em estudo 802.11e)	Qualidade de Serviço para voz e vídeo, diferenciação dos serviços.
Cobertura	Projetado para <i>NLOS</i> indoor	<i>LOS</i> e <i>NLOS</i> , projetado para <i>NLOS outdoor</i>
Utilizador	Centenas	Milhares

Tabela 7 – Comparação de padrões IEEE 802.11 e IEEE 802.16

Fonte: Souza (2006).

2.8.4 Comparação de WiMAX Fixo e WiMAX móvel com Wi-Fi

Na tabela a seguir faz se a comparação da tecnologia Wi-Fi com a tecnologia WiMAX fixo e móvel comparando as nos itens de taxa de *downlink*, taxa de *uplink*, largura de banda, modulação, frequência, alcance, raio e mobilidade segundo o Inatel (s/d).

Parâmetro	WiMAX Fixo	WiMAX Móvel	Wi-Fi
Padrões	<i>IEEE 802.16d</i>	<i>IEEE 802.16e</i>	<i>802.11a/g/n</i>
Taxa de <i>downlink</i>	9.4 Mbps em 9 3.5Mhz (3:1 <i>TDD</i>) ou 6.1 Mbps simétrico.	46Mbps com 3:1 <i>TDD</i> ou 32Mbps utilizando 1:1.	54Mbps compartilhado ou mais de 100Mbps de <i>throughput</i> camada 2 no 802.11n.
Taxa de <i>uplink</i>	3.3Mbps em 3.5Mhz (3:1) ou 6.1Mbps simétrico	7Mps em 5.8Mbps 1.8Mbps 10Mhz (3:1) ou 4Mbps utilizando 1:1	54Mbps compartilhado ou mais de 100Mbps de <i>throughput</i> camada 2 no 802.11n
Largura de Banda	3.5 ou 7Mhz em 3.5 Ghz; 10 ou 20 MHz em 5.8 Ghz	3.5, 5,7,8.75 e10Mhz em todas as bandas	20Mhz por canal
Duplexação	<i>TDD, FDD</i>	<i>TDD</i>	<i>TDD</i>
Frequência	2.5, 3,5 e 5.8Ghz	2.3,2.5 e 3.5 Ghz	2.4Ghz,5Ghz
Alcance (raio)	Até 5Km	Menos de 1 Km	Até 100m
Mobilidade	Não se aplica	Média	Baixa

Tabela 8 – Comparação de WiMAX “Nomádico” (Fixo) & WiMAX Móvel com Wi-Fi

Fonte:Inatel (s/d).

2.9 Considerações Finais

Foi apresentado durante este capítulo a fundamentação teórica das tecnologias WiMAX, em que se fez primeiramente a contextualização dessa tecnologia desde o seu historial, o seu conceito, WiMAX Fórum, a sua área de aplicação, o seu funcionamento e a sua arquitetura. Fez - se também, a apresentação dos seus padrões, as suas características técnicas, os seus equipamentos, o modo de propagação do sinal e por último um pequeno estudo comparativo entre Wi-Fi vs WiMAX. No próximo capítulo, será apresentada a proposta de implementação dessa tecnologia sem fio de banda larga na Polícia Nacional da Praia tornando essa Instituição com maior performance na rede e consequentemente uma maior eficácia e eficiência na troca de informação entre essas entidades na Cidade da Praia melhorando os seus serviços que correm na rede.

Capítulo 3: Proposta de Implementação na Polícia Nacional da Praia

3.1 Introdução

Após a realização do estudo teórico no capítulo anterior sobre as Tecnologia WiMAX que é responsabilizada por especificar o funcionamento das redes sem fio, passa-se, nesse capítulo a proposta para a sua implementação na Polícia Nacional da Praia.

Sendo assim, neste capítulo, é feito primeiramente uma descrição da ANAC, que é a entidade reguladora no setor das comunicações em Cabo Verde. De seguida, é apresentada a Polícia Nacional enquanto instituição, mostrando a sua evolução Histórica, a sua distribuição geográfica na Praia e a sua estrutura organizacional. Já no ponto quatro faz-se a caraterização da rede nesta instituição, apresentam-se os objetivos da infraestrutura da rede, a descrição da infraestrutura das Tecnologias de Informação e Comunicação, a topologia da rede existente bem como as limitações da rede e das tecnologias existente nessa Instituição.

No ponto cinco desse capítulo, apresenta-se a proposta propriamente dita. Primeiramente é apresentada a identificação e a caracterização do local onde será colocado a estação base, em seguida, uma possível arquitetura dessa tecnologia, bem como os benefícios tecnológicos e organizacionais da sua implementação e por fim, é apresentada as considerações finais e a conclusão do trabalho.

3.2 Entidade Reguladora

A ANAC é uma entidade reguladora no setor das comunicações que foi criada em Junho de 2006 certificada em Cabo Verde tendo como fim supervisionar a gestão do domínio “CV” e a regulação e o controlo do espectro radioelétrico das empresas do setor das comunicações Cabo-Verdianas. (ANAC,2013).

É de se referir ainda que a ANAC, disponibilizou as seguintes faixas de frequência para o BWA²⁵:

- 2500 – 2690 MHz, para aplicações móveis;
- 3400 - 3600 MHz, para aplicações fixas e nomádico;
- 2300 – 2400 MHz, reservadas para futura expansão do BWA.

²⁵Disponível

<http://www.anac.cv/images/stories/downloads/publicacoes/bwaport.pdf?phpMyAdmin=dHeATfJGd-ukknJiDPTTrYYucE6> . Consultado em Dezembro de 2013.

3.3 Caracterização da Instituição

A Polícia Nacional é uma força pública uniformizada de natureza civil, profissional e apartidária, de âmbito nacional, dotada de autonomia administrativa, financeira e operacional (Polícia Nacional, 2013).

3.3.1 *Evolução Histórica*

A primeira Polícia Cabo-Verdiana teve a sua origem no Corpo da Polícia Civil criado pelo Governador Caetano Albuquerque em 1872. Esta Polícia, denominada de Polícia de Ordem Pública, era responsável pela segurança, ordem pública e policiamento ostensivo em que tinha uma organização semelhante à polícia Civil da metrópole portuguesa, atuando na Cidade da Praia (Idem, 2013).

Em 1880, o corpo da Polícia é reestruturado em companhias de Polícia com uma organização de cariz militar, passando a existir uma companhia na Cidade da Praia e outra em Mindelo. No ano de 1962 dá-se uma nova organização da Polícia de Cabo Verde, que é transformada em Polícia de Segurança Pública (PSP) de Cabo Verde, de carácter novamente civil, modelada na Polícia de Segurança Pública da metrópole (Idem, 2013).

Na sequência da independência de Cabo Verde em relação a Portugal em 1975, a PSP foi transformada em Polícia de Ordem Pública (POP), sendo afastados os seus quadros de origem portuguesa (Idem, 2013).

Devido às relações históricas e ao fato de vários dos seus oficiais serem formados em Portugal, a POP continua a manter uma ligação estreita com a PSP portuguesa, mantendo, por exemplo, a organização e uniformes semelhantes. (Idem, 2013).

Com a publicação do Decreto-Lei n.º 6/2005, de 14 de Novembro, publicado no quadro da reforma legislativa e institucional do setor de segurança interna, é adotado um novo modelo

de organização policial, ao ser criada a Polícia Nacional. Nesta instituição integra as principais forças policiais cujas finalidades orgânicas concorrem diretamente para garantir a segurança interna, como são os casos da Polícia de Ordem Pública, a Guarda-fiscal, a Polícia Marítima, Direção de Emigração e Fronteiras e a Polícia Florestal. (Idem, 2013).

3.3.2 Distribuição Geográfica da Polícia Nacional da Praia

A Polícia Nacional possui a sua sede na Cidade da Praia (Plateau) com várias unidades sediadas na Capital do País, nomeadamente:

- Direção Nacional;
- Unidades Especial;
- Comando Nacional da Polícia Marítima;
- Comando Regional da Praia e serviços conexos;
- Comando Secção Fiscal da Praia;
- Centro Nacional de Formação;
- Esquadra de Fazenda;
- Esquadra Eugénio Lima;
- Esquadra de Achada São Filipe;
- Esquadra de Palmarejo;
- Serviço Social da PN;
- Aeroporto da Praia.

3.3.3 Estrutura Organizacional

A Figura abaixo mostra a organigrama da Polícia Nacional de Cabo Verde com os seus diferentes departamentos.

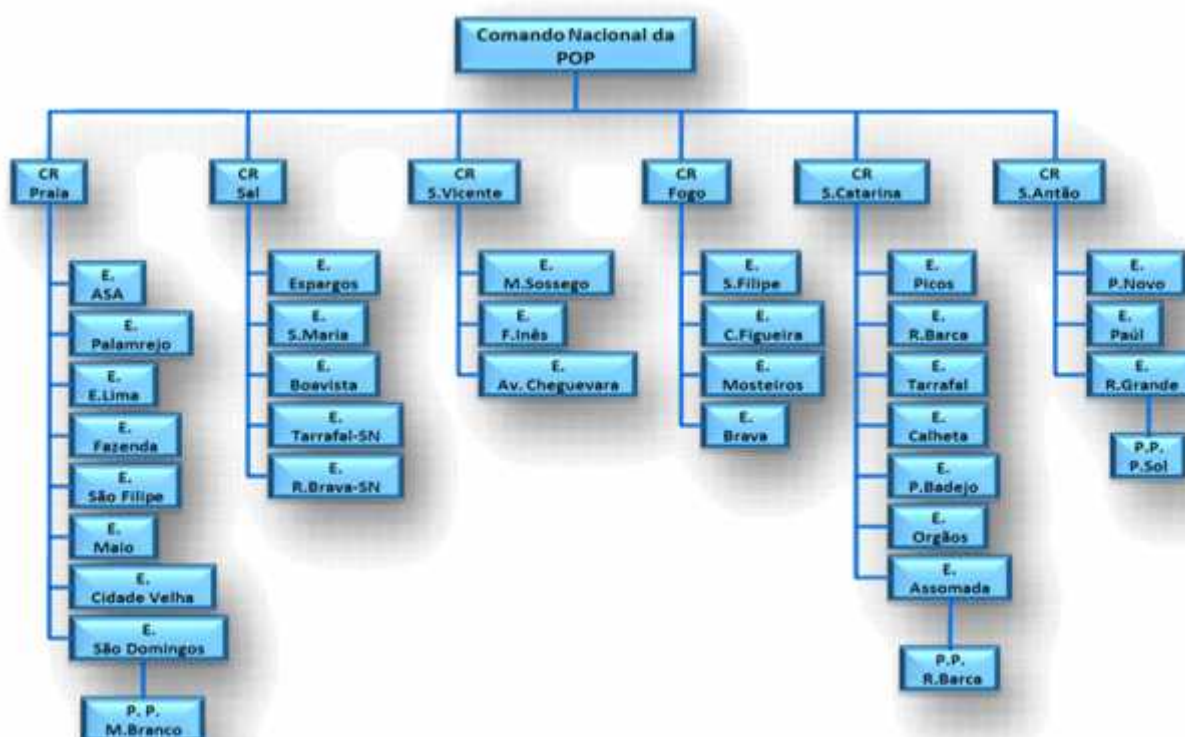


Figura 29 – Organigrama da Polícia Nacional

Fonte – Polícia Nacional (2013)

3.4 Caracterização da rede²⁶

Nesse ponto, caracterizaremos a rede na Polícia Nacional da Praia, apresentando os objetivos da infraestrutura das tecnologias de informação e comunicação na Polícia Nacional, as suas descrições, a topologia da rede existente, os serviços da rede os utilizadores autenticados na

²⁶Disponível no Manual Funcional da UGI das TICs da Polícia Nacional. Consultado em Maio de 2011

rede estado bem como na rede interna da Polícia Nacional. De seguida, apresenta-se as redes utilizadas pela Polícia Nacional, as aplicações da Polícia Nacional na *Datacenter*, bem como as características dos terminais, dos *routers* e do *firewall* existente nessa Instituição.

3.4.1 *Objetivo da Infraestrutura da Rede na Polícia Nacional*

O objetivo da infraestrutura da tecnologia de informação e comunicação dentro da Polícia Nacional, prende-se com a necessidade de automatizar os serviços, de modo a dar resposta a crescentes demandas, fazendo a Polícia Nacional acompanhar as inovações tecnológicas que estão a verificar a nível nacional e internacional. Um outro grande objetivo da infraestrutura das Tecnologia de e Informação Comunicação é implementar e manter um alto nível de segurança da rede a fim de assegurar as informações da Polícia Nacional.

3.4.2 *Descrição das infraestruturas das TIC na Polícia Nacional*

Dentro da Direção de Operação e Comunicação da Polícia Nacional, há uma secção da tecnologia de Informação e Comunicação, que tem sob o seu domínio, área de administração de sistema, desenvolvimento, rede, suporte técnico bem como comunicação via radio. A figura 30 apresenta o organigrama da Direção das Operações e Comunicações.

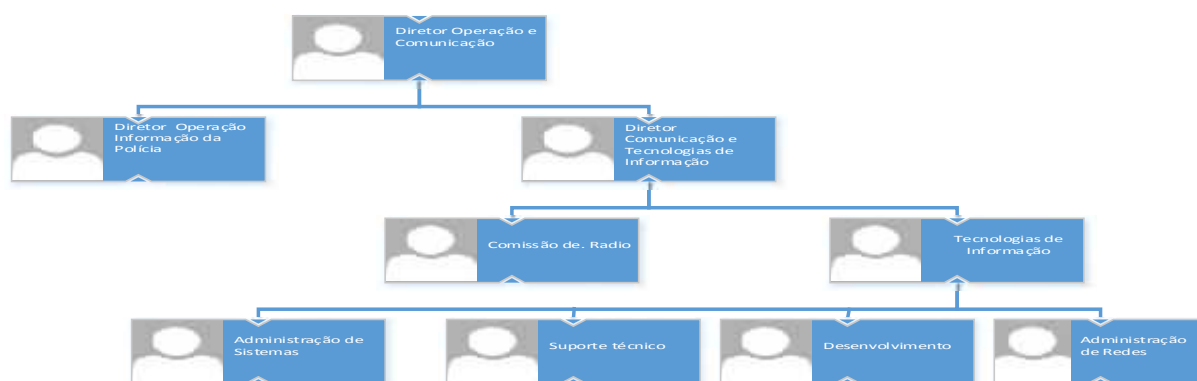


Figura 30 – Organigrama Direção das Operações e Comunicações

Fonte – Disponível no Manual Funcional da UGI das TICs da Polícia Nacional. Consultado em Maio de 2011.

Quanto à quantidade de técnicos, a Polícia Nacional, neste momento conta com três engenheiros e quatro técnicos e dispõe de cerca de 1000 utilizadores na rede do estado e da Direção da Emigração e Fronteira uma média de 700 computadores na rede.

A Polícia Nacional está dividida em duas redes, uma primeira que se conecta à rede do Estado e que permite a autenticação de utilizadores através de controlador do domínio, localizado no Núcleo Operacional para Sociedade de Informação(NOSI) e a rede interna que é utilizado pela Direção de Emigração e Fronteira. A seguir encontram-se algumas aplicações alojadas no *Datacenter* da Polícia Nacional:

- SIIDEF – Sistema Integrado de Informação da Direção De Estrangeiros e Fronteiras;
 - Emissão e gestão de Passaportes e Consulta geral;
 - PASSCV – Sistema Automático, seguro de saída e entrada em Cabo Verde;
 - PORTAL VISAIS – Sistema de emissão e gestão de vistos;
 - SARBA – Sistema automático de recolha de boletins de alojamento;
 - SCOFA – Sistema de contra ordenação, fiscalização e afastamento;
- CARTÃO – Sistema de gestão e emissão de cartões para pessoal policial, civil, aposentados e formandos;
- TRÂNSITO – Aplicação que faz gestão e cobrança das coimas automóveis;
- SITE DA PN - Pagina *web* que espelha as atividades da PN.
- SIGIAMP – Sistema de Gestão integrada de Armas munições e Proprietários;
- SES-PN – Sistema de Gestão Integrada de Serviço Social e Cantinas.
- Site do SES – Pagina *web* que espelha as atividades da SES e serve de suporte entre associados e a SES.

Os supracitados aplicativos vêm funcionando de forma integrada em rede e cobrem vários setores da PN a nível nacional e em certos casos, alguns são utilizados pelos serviços do estado e empresas de forma legitimada e Controlada pela equipa técnica da PN. É o caso de embaixada de Portugal que usa (exemplo. Sistema de Emissão de passaporte), Agencias de viagens (exemplo: pedido e cobrança de vistos via internet) e unidades Hoteleiros (exemplo: registo automático de boletins de alojamento).

3.4.3 Topologia da rede na Policia Nacional da Praia

A figura que se segue ilustra a topologia da rede existente na Polícia Nacional da Praia. Neste sentido, podemos ver que se encontra uma topologia em estrela nessa Instituição, pois encontra-se um *Switch* da Fibra ótica e *backbone* na Direção Nacional interligando varias unidades policiais.

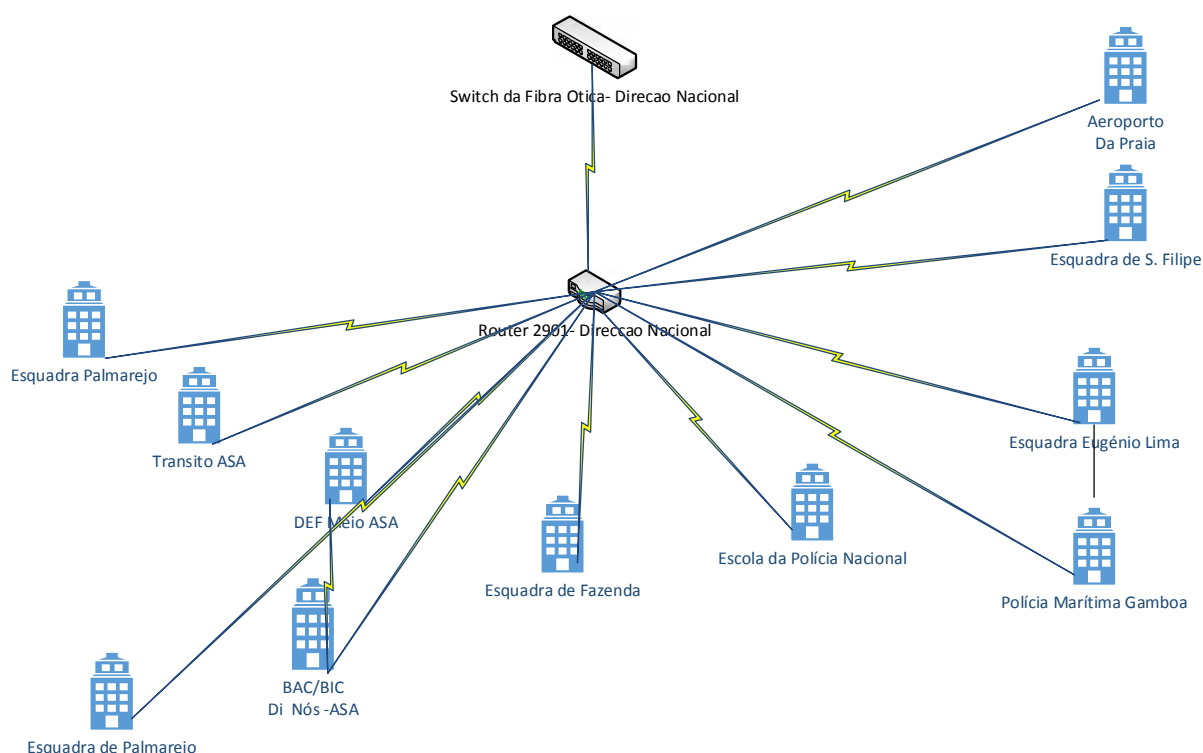


Figura 31 – Topologia da rede na Polícia Nacional da Praia²⁷

²⁷ Disponível no Manual da UGI na Direção Nacional da PN. Consultado em Maio de 2011.

3.4.4 Limitações

Existe um departamento de Gestão Informática na Direção Nacional da Polícia Nacional que gere todo o sistema Informático. As limitações verificadas na rede dessa instituição na Cidade da Praia segundo o coordenador Informático da Polícia Nacional é o fato dos circuitos da Cabo Verde Telecom apresentarem de vez enquanto alguma instabilidade ou queda de comunicações, criando alguns constrangimentos na continuidade do acesso aos serviços. Um outro constrangimento, tem a ver com a pouca largura de banda, o que dificulta introdução de outros serviços, nomeadamente a de voz e vídeo (*streaming*). A figura seguinte apresenta a estrutura da rede da PN na Praia.

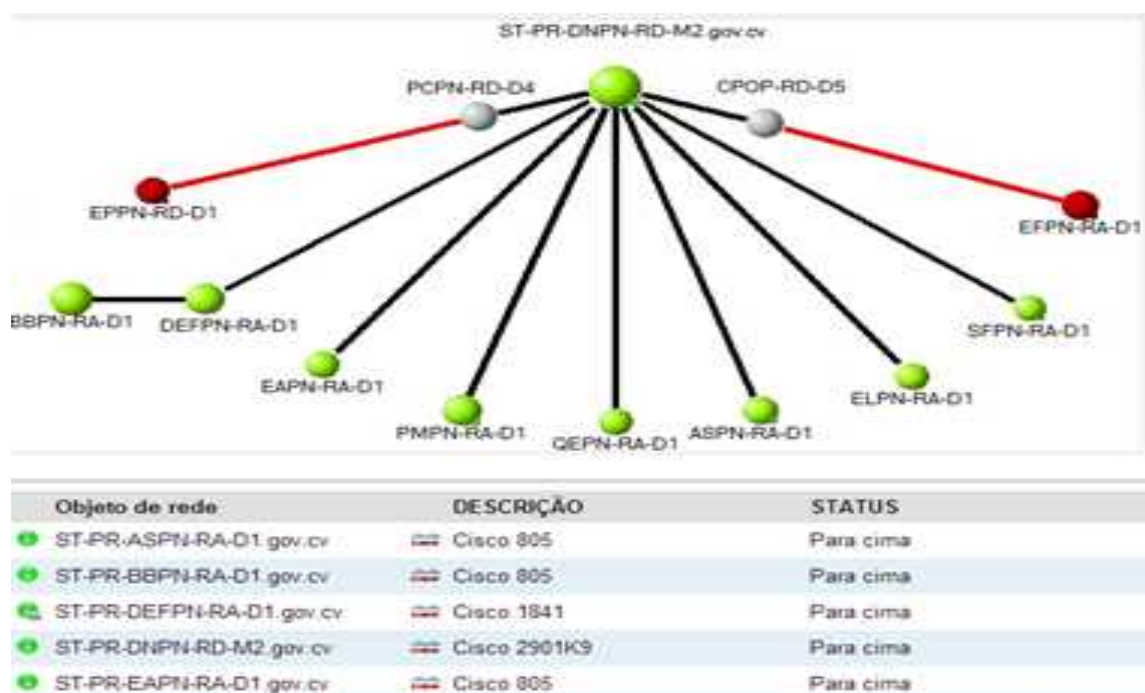


Figura 32 – Consola de monitoramento de rede na Polícia Nacional

Fonte – www.sentinela.gov.cv, consultado em Maio de 2011.

Pela figura acima, podemos verificar que neste momento, estão a vermelha dois nos, demonstrando que estão duas unidades com queda de comunicação.

3.5 Proposta de implementação

Nesse ponto é apresentado a proposta de implementação das tecnologias WiMAX na Polícia Nacional para a Cidade da Praia. Primeiramente, é realizada a identificação e a caracterização do *Datacenter*, local onde será posto o BTS central da rede WiMAX. Em seguida, é apresentado a proposta da arquitetura bem como os benefícios tanto tecnológico como organizacional, tendo essa tecnologia sem fio de banda larga implementada nessa Instituição na Cidade da Praia. Já no fim faz-se as considerações finais e a conclusão do trabalho.

3.5.1 Identificação e Caracterização do BTS Central

O *Datacenter* encontra-se localizado em Achada Grande Frente local onde se encontra instalado BTS central a partir do qual, as comunicações WiMAX se distribui para todas as unidades da Polícia Nacional através de BTS instalados em diferentes pontos estratégicos da Cidade da Praia, utilizando protocolo *PKM* (*Privacy Key Management* - Gestão de Chave de Privacidade) gerando e trocando as chaves de segurança tornando efetiva a ligação. A torre terá uma antena Direcional Setorial, pois as antenas setoriais são utilizadas com maior frequência em arquitetura ponto multiponto. Há um espaço no *Datacenter* com todas as condições para a sua instalação no que tange a parte civil, a climatização e também a energia em caso de falha. As unidades policiais por sua vez, coneta aos BTS através de *CPEs* instalados em cada edifício com a largura de banda entre 75 a 134 Mbps e com faixas de frequência²⁸ de 3400 – 3600 MHz e 2500 – 2690MHz para as viaturas e *tablets* que os agentes têm no terreno.

Quanto às entidades policiais da Praia, há onze entidades a serem interligadas nomeadamente, esquadras de São Filipe, Eugénio Lima, Fazenda, Palmarejo, Achada Santo António,

²⁸Disponível

em

<http://www.anac.cv/images/stories/downloads/publicacoes/bwaport.pdf?phpMyAdmin=dHeATfJGd-ukknJiDPTTrYYucE6> . Consultado em Dezembro de 2013.

BAC/BIC, Polícia Marítima na Gamboa, Centro Nacional de Formação (Várzea), a Direção de Emigração e Fronteira no meio da Achada Santo António, Comando da Secção Fiscal da Praia e Porto da Praia.

3.5.2 Proposta de Arquitetura

Nessa sessão é proposto a arquitetura das Tecnologia WiMAX, sendo essa tecnologia sem fio de banda larga com os itens que permite a sua caracterização nomeadamente a possibilidade de longo alcance, ter um grande número de utilizadores ligados a rede em simultâneos e uma alta taxa de transmissão de dados segundo Souza (2006). Será portanto, uma solução para a interligação das unidades da Polícia Nacional da Praia. Neste sentido, esta sessão do capítulo é proposto uma arquitetura para a sua interligação, em que será apresentada uma figura dessa arquitetura ponto-multiponto, tendo a estação base ficado situado no novo *Datacenter* na Achada Grande, e uma ligação de fibra ótica a partir do *Datacenter* até a Direção Nacional da Polícia Nacional. É de se referir que para esse projeto utilizar-se-á o padrão IEEE 802.16d (nómádico) e também o padrão IEEE 802.16e (móvel), este último, para as viaturas policiais e também para os agentes com os seus terminais móveis no terreno. Pode-se ver na figura que se segue a proposta da arquitetura da rede WiMAX para a Polícia Nacional da Praia.

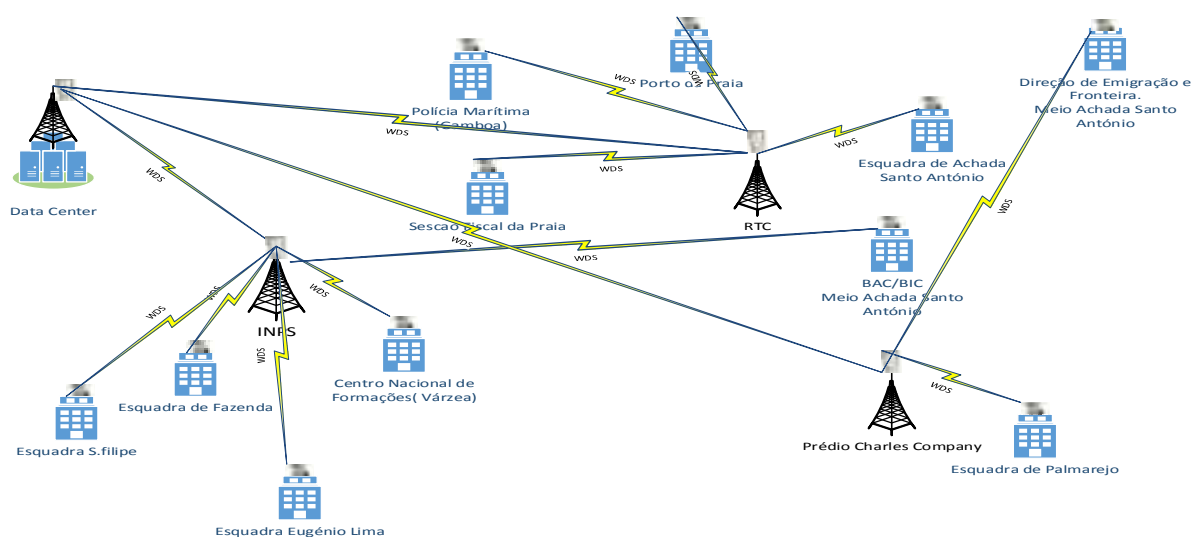


Figura 33 – Proposta da rede WiMAX para a Polícia Nacional na Cidade da Praia

Dentro dessa proposta, para além das entidades policiais estarem conetadas com a estação-base situado no novo *Datacenter*, será também incluído as viaturas da Polícia Nacional para poder se conetar com a estação base situado no novo *Datacenter*. Tudo isso, permitirá uma qualidade de comunicação móvel utilizando o padrão IEEE 802.16e (móvel) assegurando a conectividade em velocidades de até 100km/h segundo Prado (2006).

Tendo a estação base no novo *Datacenter* situado na Achada Grande Frente, então a partir dali será distribuído o sinal para as viaturas que circulam na capital cabo-verdiana. Todas essas viaturas serão equipadas cada um com um computador portátil com um *Modem* WiMAX *USB*, servindo para conetar num terminal eletrónico móvel.

A figura que se segue apresenta uma imagem do ambiente dentro de um carro policial com um computador portátil conetado.



Figura 34 – Interior de carro Polícia

Fonte- <http://www.allpar.com/squads/police-cars/caprice-ppv.html>, consultado em Outubro de 2013.

Um outro ponto a propor, é ter os agentes no terreno com os seus respetivo *tablet* a fazer os seus trabalhos nomeadamente nas áreas de trânsito, viaturas e as outras demandas a partir do sinal Wimax distribuído da Achada Grande para os *tablets* que os agentes utilizam no terreno.

É de se referir também, que para ter os agentes com os seus respetivos *tablets* com a cobertura da rede Wimax utiliza-se o padrão IEEE 802.16e (móvel). Segue-se uma figura de um *tablet* que os agentes da Polícia utilizam no terreno.



Figura 35 – *Tablet*

Fonte- <http://www.aliexpress.com/item/Cube-Talk79-7-9-inch-3G-GPS-Phone-Pad-Tablet-PC-MID-MTK8389-Quad-Core-Android/1184269473.html>, consultado em Outubro de 2013.

3.5.3 *Benefícios Tecnológico e Organizacionais*

Com a implementação dessa tecnologia nas unidades policiais na Praia trará consigo um conjunto de benefícios tanto a nível tecnológico bem como o melhoramento no desempenho dos serviços dessa Instituição. Vamos dividir e descrever separadamente esses benefícios tanto tecnológico como organizacional. No que tange aos benefícios organizacionais os ingredientes essenciais que vamos debruçar são: o trânsito e as viaturas.

Quanto á abordagem das vantagens tecnológicas pode-se ver que com a implementação dessa tecnologia sem fio de banda larga apresentar-se-á um conjunto de benefícios segundo Barros (2009), nomeadamente as seguintes:

- Múltiplos serviços sobre a mesma plataforma, tendo uma maior eficiência na gestão de toda rede;
- Maior largura de banda, apresentando-a num intervalo entre 75 a 134Mbps e podendo transmitir acesso ao mesmo tempo a um grande número de utilizadores;
- Diversidade de protocolos, nomeadamente *Internet Protocol, Ethernet, ATM*;
- Qualidade de serviço, permitindo garantir a qualidade de transmissão de vídeo e voz que são tipos que não aceitam erros;
- Aumento de qualidade de voz sobre *Voip*, vídeo (*streaming*) e dados;
- Comunicação sem linha de vista direta (*NLOS*), pois utiliza modulação *OFDM* (*Orthogonal Frequency Division Modulation*) em que mesmo tendo obstáculos permite comunicação entre o ponto de acesso e o cliente.

No que tange aos benefícios organizacionais debruçaremos essencialmente nesses ingredientes, o trânsito e as viaturas policiais como referidas em cima. Neste sentido, pode se ver que tendo essa tecnologia implementada nessa Instituição terá um forte impacto que passaremos analisar de seguida.

Portanto com essa tecnologia implementada nessa Instituição, a Direção Nacional de Operações e Comunicação da Polícia Nacional terá elementos para poder avaliar os agentes no terreno e dados estatísticos para a tomada de decisão na gestão dos recursos humanos. Pois, tendo os agentes no terreno com o terminal eletrónico móvel com os seus respetivos *username* e *password* a uma longa distancia da Direção Nacional suportada pelas tecnologias WiMAX permitirá ainda o agente ter acesso á rede através do terminal móvel e também tendo aplicação por detrás poderá ver o seu desempenho no terreno. Ficam todos os registos dos

agentes no seu trabalho no dia-a-dia. Um exemplo claro é logo que um agente aproximar-se de um cidadão num carro através da matrícula e nome do condutor, consegue-se logo ter de momento todas as informações sobre o proprietário e o carro evitando engano. Caso não tivesse esse terminal, ao telefonar para central de dados haveria probabilidade de se enganar em informações e já com o terminal eletrónico terá menor margem de erro por parte dos agentes e consequentemente uma maior rapidez no acesso á informação por partes dos agentes em relação aos cidadãos. Neste sentido, podemos ver que tendo essa tecnologia implementada nessa Instituição permitirá uma melhor tomada de decisões, ter-se-á informações em tempo real, melhor coordenação e controlo de informações.

Com a implementação dessa tecnologia nas viaturas permitirá aos agentes que circulam nelas ter informações com o terminal eletrónico móvel a uma alta velocidade, pois normalmente as viaturas policiais nas demandas do dia-a-dia normalmente circulam com velocidade alta para chegar a um fim. É nessa vertente, que vimos que com a implementação dessa tecnologia nas viaturas terá uma ajuda preciosa para a Polícia Nacional, pois essa rede assegura a conectividade ainda a uma velocidade de até 100km/h segundo Prado (2006).

3.6 Considerações Finais

Neste capítulo foi apresentada a proposta de implementação das tecnologias WiMAX na Polícia Nacional da Praia. Falamos da ANAC que é a entidade reguladora no setor das comunicações cabo-verdiana, apresentou-se a Polícia Nacional enquanto Instituição e a sua caracterização detalhada da rede na capital cabo-verdiana. A partir daí, fez-se também a proposta propriamente dessa tecnologia sem fio de banda larga em que se identificou e caracterizou o local de instalação da estação base. Em seguida, a proposta da arquitetura em que permite apresentar a posição das unidades policiais na Praia conetando todas com a torre central no novo *Datacenter* na Achada Grande através de BTS estratégico para cada uma das unidades. Foi apresentado também um ambiente dentro de uma viatura da Polícia Nacional em que se apresentou um terminal eletrónico móvel no interior do carro com um *Modem WiMAX USB* servindo para conetar a estação base no novo *Datacenter* na Achada Grande

Frente. Apresentamos também imagem de um *tablet*, pois propomos o sinal WiMAX no terminal móvel para os agentes que trabalham no terreno. Já no fim apresentamos também os benefícios tanto organizacional como tecnológico tendo essa tecnologia sem fio de banda larga implementada na Polícia Nacional na Praia.

Conclusão

Com esta memória monográfica, constata-se que a aposta das tecnologias sem fio nomeadamente o padrão IEEE 802.11 (Wi-Fi) em Cabo Verde, tem-se tornando cada vez mais frequente o seu uso e nos lugares disponíveis para ter acesso à internet por parte dos utilizadores. Tem surgindo empresas que fornecem esse tipo de serviço e um grande número de pessoas a usufruírem dessa tecnologia em locais públicos no nosso arquipélago designadamente nas praças públicas, nos aeroportos, nas empresas e nos hotéis, extinguindo assim com as limitações que os utilizadores tinham em relação ao acesso à internet.

Sendo assim, pode-se ver agora nas nossas ilhas o acesso à Internet é totalmente gratuito em lugares de domínio públicos tendo apenas terminais eletrónicos móveis consegue-se conetar e navegar na internet sem fio. Portanto, pode se avistar que com a utilização de internet sem fio dado a sua facilidade de instalação permite uma maior mobilidade por parte do utilizador e do terminal eletrónico.

Com a implementação das tecnologias WiMAX numa instituição como a Polícia Nacional permitirá difundir o serviço sem fio de banda larga no nosso País refletindo de uma forma direta nos serviços de telecomunicações e conseqüentemente no seu desenvolvimento. Pois,

com a utilização dessa nova tecnologia sem fio de banda larga veio permitir um aumento de qualidade na transmissão de dados, voz e vídeo, pois, essa tecnologia, dado a sua grande capacidade de abrangência e velocidade altas de transmissão de dados. Dado que essa tecnologia sem fio de banda larga utiliza-se nas áreas metropolitanas consegue suportar as necessidades da cidade da Praia, o que o padrão IEEE 802.11 (Wi-Fi) não conseguiria, dado que tem uma qualidade de serviço inferior ao de WiMAX nomeadamente na limitação do alcance e também por ter velocidade de transmissão de dados reduzida.

No decorrer desse trabalho de pesquisa vê-se, que foi possível abordar várias teorias das redes sem fio mas precisamente sobre as tecnologias WiMAX. Essa tecnologia sem fio de banda larga é identificada por ser importante no avanço tecnológico na área de rede sem fio de acordo com as promessas na melhoria em termos de desempenho e cobertura. É de se referir também, que gradualmente o processo de padronização e regulamentação que vem sendo patrocinado pela Indústria prevê um crescimento rápido do volume de *chiptsets* e equipamentos WiMAX permitindo a sua comercialização no mundo todo.

Apresentou-se uma proposta prática em que para exibir toda a potencialidade do padrão apresentou-se um estudo teórico do padrão IEEE 802.16 e a simulação do funcionamento em um cenário com o caso concreto de implementação dessa tecnologia sem fio de banda larga (WiMAX) na Polícia Nacional na Cidade da Praia.

Resta concluir que, com a implementação dessa tecnologia sem fio de banda larga na Polícia Nacional da Praia traria uma série vantagens tanto tecnológicos como organizacionais. Portanto, permitiria aumentar a eficiência, eficácia e a qualidade de comunicação em diversos ramos de atividades dessa Instituição, o que teria como consequência uma redução significativa face aos constrangimentos de comunicação com as quais a Polícia Nacional está confrontada tendo como consequência ganhos nos serviços que funcionam na rede dessa Instituição.

Bibliografia

- ALBUQUERQUE, A. (2008). *Estudo de métodos de proteção de redes wireless*. Disponível em <http://jecelo.com/Apostilas/Rede/monografia%20-%20parte%20I.pdf> consultado em Junho de 2010.
- ATS G. (2012). *Entenda WEP e WAP, Protocolos de segurança de rede Wi-Fi*. Disponível em <http://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2012/02/entenda-wep-e-wpa-protocolos-de-seguranca-de-rede-wi-fi.html>, consultado em Outubro de 2012.
- ALECRIM, E.(2008). *Tecnologia Wi-Fi*. Disponível em <http://www.infowester.com/wifi.php>, consultado em Maio de 2010.
- ALVES, W. (2009). *Segurança em redes sem fio. O caso da Assembleia Nacional de Cabo Verde*. Disponível na Universidade Jean Piaget de Cabo Verde – Praia. Consultado em Maio de 2010.
- ANAC (2013). *Apresentação da ANAC*. Disponível em http://www.anac.cv/index.php?option=com_content&view=article&id=87&Itemid=56&lang=pt, consultado em Dezembro de 2013.
- BOAS, L.(2007). *WiMAX- A nova tecnologia de rede sem fio*. Disponível em <http://www.bibdig.poliseducacional.com.br/document/?down=27>, consultado em Julho de 2010.
- BOF, E. (2010). *Segurança em redes wireless*. Disponível em <http://br.monografias.com/trabalhos-pdf/seguranca-redes-wireless/seguranca-redes-wireless.pdf>, consultado em Outubro de 2012.

BOYDJONES (2008). *Zyxel WiMAX Simple CPE*. Disponível em <http://www.flickr.com/photos/boydjones/2951283984/in/photostream/>, consultado em Julho de 2010.

BULHMAN, H. & CABIANCA, L. (2006). *LAN/MAN Wireless I: Redes sem fio*. Disponível em http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialrwanman1/pagina_2.asp, consultado em Setembro de 2010.

CAVALHEIRO, G(2010). *Projeto de implementação de rede WiMAX para a cidade de S. José dos Campos*. Disponível em <http://fatecsjc.edu.br/trabalhos-de-graduacao/wp-content/uploads/2012/04/BDR2Giovana.pdf>, consultado em Outubro de 2012.

CLARA, A. (1999). *Teleprocessamento*. Disponível em http://www.inforede.net/Technical/Layer_1/Hardware/Modems.pdf, consultado em Agosto de 2011.

COLUNGA, M.(2008). *Redes Wireless*. Disponível em <http://redeswirelessdf.blogspot.com/2008/05/vantagens-e-desvantagens-das-redes-sem.html>, consultado em Abril de 2010.

CRISTINA, R. & HENRIQUES S.(s/d). *Handover & Roaming*. Disponível em <http://pt.scribd.com/doc/132336065/Handover-Roaming-a22426-a22424>, consultado em Agosto de 2010.

CUTRIM,C. (2013). *Segurança em Redes: Segurança em Redes sem fio*. Disponível em <http://www.edilms.eti.br/uploads/file/orientacoes/seg02%20Carlos%20Magno%20de%20Oliveira%20Cutrim-TCC-final.pdf>, consultado em Outubro de 2013.

DAVIS, H. (2004). *Absolute Beginner Guide to Wi- Fi Wireless Networking*. Disponível em http://ebookey.org/Absolute-Beginner-s-Guide-to-Wi-Fi-Wireless-Networking_69870.html , consultado em Agosto de 2010.

DUARTE, L. (2003). *Análise de Vulnerabilidades e Ataques Inerentes e Redes Sem Fio 802.11x*. Disponível em <http://www.micropic.com.br/noronha/Informatica/SEGURANCA/ataques%20e%20vulnerabilidades%20em%20redes%20sem%20fio.pdf>, consultado em Maio de 2010.

FAGUNDES, E. (2005). *WiMAX*. Disponível em www.efagundes.com/artigos/Arquivos_pdf/WiMAX.pdf ,consultado em Julho de 2010.

FARIAS, P.(2006). *Redes básico*. Disponível em <http://www.juliobattisti.com.br/tutoriais/paulocfarias/redesbasico008.asp>, consultado em Junho de 2010.

FERNANDES, I. (2006). *WiMAX-Equipamentos*. Disponível em <http://paginas.fe.up.pt/~ee99207/Tecnologias/WMAN/WIMAXeq.html>, consultado em Outubro de 2010.

- FRANCESCHINELLI, A. (2003). *Estudo Comparativo dos Aspetos de Segurança em Redes WWAN, WLAN e WPAN*. Disponível em <http://cutter.unicamp.br/document/?code=vtls000322082>, consultado em Junho de 2010.
- FREITAS, F. (2005). *Radiação Infravermelho*. Disponível em <http://topazio1950.blogs.sapo.pt/31643.html>, consultado em Junho 2010.
- FURGERI, S. (2010). *Wireless Network: Comunicação sem fio*. Disponível em http://www.sergio.pro.br/trabalhos/35_wireless_network_comunicacao_sem_fio.pdf, consultado em Junho de 2010.
- GRABIANOWSKI, E. & BRAIN M. (s/d). *Como funciona o WiMAX*. Disponível em <http://informatica.hsw.uol.com.br/WiMAX2.htm>, consultado em Julho de 2010.
- GUESSE, T. (2009). WiMAX. Disponível em <http://blog.ccna.com.br/2009/12/14/WiMAX>, consultado em Agosto 2010.
- HENRIQUES, A. & MARTINS V. (2009). *Tutoriais Telefonia Celular*. Disponível em http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialerb/pagina_1.asp, consultado em Novembro de 2010.
- HIPERLINK TECHNOLOGIES (2009). *microcom Technologies*. Disponível em: <http://www.microcom.us/hyte.html>, consultado em Setembro de 2010.
- IEEE (2005). *Análise de vulnerabilidade e ataques a redes sem fio 802.11*. Disponível em <http://bibdig.poliseducacional.com.br/document/?down=25>, consultado em Maio de 2010.
- INATEL (s/d). *Tecnologias WiMAX- Guia das cidades Digitais*. Disponível em www.guiadascidadesdigitais.com.br/inatel002.pdf, consultado em Novembro de 2010.
- INTEL(2007). *Rede sem fio*. Disponível em <http://www.intel.com/support/pt/wireless/sb/cs-025345.htm>, consultado em Novembro 2012.
- JARDIM, F. (2007). *Treinamento avançado em redes wireless*. Disponível em http://books.google.pt/books?id=gi9AbaHZ2i4C&printsec=frontcover&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false, consultado em Novembro de 2010.
- KAYNE, R. (2003). *what is a wwan*. Disponível em <http://www.wisegeek.com/what-is-a-wwan.htm>, consultado em Junho de 2010.
- KIOSKEA (2008). *Wireless Metropolitan Area Networks*. Disponível em <http://en.kioskea.net/contents/wireless/wman.php3>, consultado em Junho de 2010.
- KIOSKEA (2009a). *Introdução ao Wifi (802.11 ou Wifi)*. Disponível em <http://pt.kioskea.net/contents/wifi/wifiintro.php3>, consultado em Julho de 2010.

KIOSKEA (2009b). *WiMAX- 802.16- Worldwide Interoperability for Microwave Access*. Disponível em <http://pt.kioskea.net/contents/WiMAX/WiMAX-intro.php3>, consultado em Novembro de 2010.

LAMAS, ESTELA, ET AL. (2001) .*Contributos para uma metodologia científica mais cuidada, Lisboa, Instituto Piaget*. Consultado em Abril de 2010.

LIMA, L., SOARES L. & ENDLER, M.(2006). *WiMAX: Padrão IEEE 802.16 para Banda Larga sem Fio*. Disponível em <http://www-di.inf.puc-rio.br/~endler/paperlinks/TechReports/MCC29-06.pdf>, consultado em Julho de 2010.

LIMA, V.(2008). *funcionamento do WiMAX*. Disponível em <http://tihoje.blogspot.com/2008/10/funcionamento-do-WiMAX-parte-2.html>, consultado em Julho de 2010.

LEONEL, G. (s/d). *Tecnologia de Informação*. Disponível em <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:9M5k12pMpg8J.tifacsum.files.wordpress.com/2012/08/aula5.pptx+&cd=2&hl=pt-PT&ct=clnk&gl=pt>, consultado em Agosto de 2011.

MENDONÇA, C. (s/d). *Tecnologias de Redes Metropolitanas*. Disponível em http://www.lancore.com.br/downloads/palestra_WiMAX.pdf, consultado em Outubro de 2010.

MICROSOFT (2014). *Descrição geral do funcionamento em rede sem fio*. Disponível em [http://technet.microsoft.com/pt-pt/library/cc784756\(WS.10\).aspx](http://technet.microsoft.com/pt-pt/library/cc784756(WS.10).aspx), consultado em Junho de 2010.

MILAGRO (2008). *Guia_wifi* . Disponível em www.milagro.com.br/home/files/guia_wifi.pdf, consultado em Junho de 2010.

MONTEIRO, J.(2009). *WiMAX IEEE 802.16-Uma nova aposta para Cabo Verde*. Monografia de Licenciatura, publicada, Pelo Instituto de Estudos Superiores Isidoro da Graça, consultado em Abril de 2010.

MORAIS, J.(2008). *Tecnologia Wireless*. Disponível em <http://www.juliomoraes.com/pt/tag/wman/>, consultado em Junho de 2010.

MORIMOTO, C.(2005). *IEEE 802.16 (Wireless MAN)*. Disponível em <http://www.hardware.com.br/termos/ieee-802.16-wireless-man>, consultado em Maio de 2010.

MORIMOTO, C.(2008). *Redes Wireless, parte 4: Antenas e conectores*. Disponível em <http://www.hardware.com.br/tutoriais/alcance-antenas-conectores-potencia/>, consultado em Julho de 2010.

MOURE, C., FERNANDES E. & MAYER J.(s/d). *WiMAX*. Disponível em www.ee.pucrs.br/~jmiguel/_aplictelecom/.../grupo1_WiMAX.ppt, consultado em Julho de 2010.

- OLIVEIRA, F.(s/d). *Rádio Spread Spectrum*. Disponível em <http://www.teleco.com.br/tutoriais.asp>, consultado em Julho de 2010.
- OLIVEIRA, R.(2007). *Redes sem fio*. Disponível em <http://www.pdfqueen.com/html/aHR0cDovL3d3dy5nZXRIYy5jZWZldG10LmJyL35ydXkvMjAwNy9wb3Mvd2lyZWxlc3MvV2lyZWxlc3NfaW50cm8ucGRm>, consultado em Abril 2010.
- PAVLOV, I. (2008). *WiMAX outdoor CPE*. Disponível em <http://www.WiMAX360.com/photo/WiMAX-outdoor-cpe>, consultado em Julho de 2010.
- PERAZZO, G. (2007). *Segurança WiMAX*. Disponível em <http://www.teleco.com.br/tutoriais.asp#>, consultado em Julho de 2010.
- PEREIRA, F. (2010). *Modulação OFDM*. Disponível em http://www.img.lx.it.pt/~fp/cav/ano2009_2010/Trabalhos_MEEC_2010/Artigo_MEEC_7/myweb3/ofdm.htm, consultado em Novembro de 2010.
- POLÍCIA NACIONAL, (2013). Disponível em <http://www.policianacional.cv/index.php>, consultado em Novembro de 2013.
- PONTE, P. (2007). *Distribuição de Informação multimédia em redes sem fios*. Disponível em https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/103025/1/relatorio_ii.pdf, consultado em Abril de 2010.
- PRADO, E. (2006). *Tudo sobre WiMAX*. Disponível em http://idgnow.uol.com.br/telecom/web_no_ar/idgcoluna.2006-03-06.468524 consultado em Outubro de 2010.
- PRADO, E. (2006a) & LIMA, F. (2006a). *Secção Tutorial Banda Larga*. Disponível em http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialredesWiMAX/pagina_4.asp, consultado em Setembro de 2010.
- PRADO, E. (2006) & LIMA, F. (2006b). *Secção Tutorial Banda Larga*. Disponível em http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialredesWiMAX/pagina_6.asp, consultado em Fevereiro de 2011.
- PRADO, E. (2006c) & LIMA, F. (2006c). *Secção Tutorial Banda Larga*. Disponível em http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialredesWiMAX/pagina_2.asp, consultado em Setembro de 2010.
- PRADO, E. (2008). *Tutoriais Banda Larga-Wi-fi e WiMAX II: Característica do WiMAX*. Disponível em www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialww2/pagina_3.asp, consultado em Agosto de 2010.
- PRASAD, R. & VELEZ, F. (2010). *WiMAX Networks –Techno-Economic Vision and Challenges*. Disponível em

http://books.google.pt/books?id=IBcLWoZfFQAC&printsec=frontcover&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false, consultado em Junho de 2010.

QUIZLET (2013). *Exercícios de rede*. Disponível em <http://quizlet.com/17528587/exercicio-de-redes-flash-cards/>, consultado em Julho de 2011.

REBELO, P. (2005). *Entenda como funciona a tecnologia WiMAX*. Disponível em <http://tecnologia.uol.com.br/especiais/ultnot/2005/12/29/ult2888u130.jhtm>, consultado em Agosto de 2010.

RIBAU, LOUREIRO & CARDOSO (s/d). *WiMAX, 802.16 WordWide Interoperability for Microwave Access*. Disponível em www.netstudio.com.pt/BrunpLoureiro/pdfs/papper_WiMAX.pdf, consultado em Setembro de 2010.

RIBEIRO, V.(2007). *Planejamento de um projecto para redes WiMAX*. Disponível em <http://www.si.uniminas.br/tfc/monografias/vitor.monografia.pdf> consultado em Julho de 2010.

ROJAS, A. (2010). *Classificacion de Redes*. Disponível em <http://adolfomatematicas.blogspot.com/>, consultado em Junho de 2010.

SADOK, D. (s/d) .*Orthogonal Frequency Division Multiplexing-OFDM*. Disponível em www.di.ufpe.br/~jk/ofdm.ppt, consultado Novembro de 2010.

SANTOS, I. (s/d). *Padrão IEEE 802.16 WiMAX* .Disponível em <http://www.dimap.ufrn.br/~flavia.delicato/WiMAX.pdf>, consultado em Julho de 2010.

SANTOS, M.(2008). *tecnologias bluetooth*. Disponível em http://www.ucb.br/prg/professores/maurot/RC-I-Mat/RCI-Mat_arqs/bluetooth/bluetooth.htm, consultado em Junho de 2010.

SILVA, A. & SOARES, B. (2009a). *Wi-fi e WiMAX II: Conceitos do WiMAX*. Disponível em http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialww2/pagina_2.asp, consultado em Setembro de 2010.

SILVA, A. & SOARES, B. (2009b). *Wi - Fi e WiMAX II: Conceitos do WIMAX*. Disponível em www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialww2/pagina_3.asp, consultado em Setembro de 2010.

SILVA, A. (1998). *As Tecnologias de Redes sem fio* <http://www.rnp.br/newsgen/9805/wireless.html>, consultado em Agosto de 2010.

SILVA, M., CÂMARA, J. & STANTON MICHEL (s/d). *Redes Sem Fio Metropolitanas Baseadas No Padrão 802.16: Um Estudo de Caso para Belém- PA*. Disponível em bibliotecadigital.sbc.org.br/download.php?paper=174, consultado em Janeiro de 2011.

SIMÕES, j. (2007). *Visão geral de wireless*. Disponível em http://www.gta.ufrrj.br/grad/07_2/jefferson/Page3.html, consultado em Julho de 2010.

- SIMAO, F. & BENTO, H. (s/d). *Handover & Roaming*. Disponível em http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Vs_qz3aIsIJ:w3.ualg.pt/~bamine/Handover%2520e%2520Roaming%2520-%252020598_20611.ppt+&cd=2&hl=pt-PT&ct=clnk&gl%20=pt, Consultado em Julho 2011.
- SOUZA, M. (2006). *Transmissão de dados via rede sem fio utilizando WiMAX*. Disponível em <http://bibdig.poliseducacional.com.br/document/?down=87>, consultado em Julho de 2010.
- TANENBAUM, A. (2003). *Tecnologia de Redes sem fio*. Disponível em <http://www.dimap.ufrn.br/~flavia.delicato/RedesSemFioFundamentos2008.pdf>, consultado em Junho de 2010.
- TANENBAUM, A. (2003a). *Latencia* <http://www.othonbatista.com/arquivos/redes/mini-artigos/Latencia.pdf>, consultado em Junho de 2010.
- TBTINFO (2010). *Tecnologias WiMAX-Servicos em uma rede WiMAX*. Disponível em <http://tbtinfo.blogspot.com/2010/09/tecnologia-WiMAX.html>, consultado em de 2010.
- TEIXEIRA, E. (2006). *tutorial banda larga voip*. Disponível em <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialWiMAX/Default.asp>, consultado em Julho de 2010.
- TOSHIBA (2006). *WWAN de Banda Larga*. Disponível em <http://pt.computers.toshiba-europe.com/Contentes/Toshiba.pt/PT/WHITEPAPER/files/2006-09-WWAN-for-business-PT.pdf>, consultado em Junho de 2010.
- VILELA, R. & Ribeiro, D. (s/d). *Segurança em redes Wireles*. Disponível em <http://www.sucesumt.org.br/mtdigital/anais/files/RedesWirelessWEP.pdf>, consultado em Outubro de 2012.
- VASSILOPOULOS, A. & SUBIRANA, B. (2007). *Wireless Broadband 2007: WiMAX & CO*. Disponível em http://www.iese.edu/en/files/6_31227.pdf, consultado em Julho de 2010.
- WIKIPÉDIA (2013). *Core Network*. Disponível em http://en.wikipedia.org/wiki/Core_network, consultado em Agosto de 2011.
- WIKIPÉDIA (2014). Disponível em http://pt.wikipedia.org/wiki/Cabo_coaxial, consultado em Janeiro de 2014.
- WIMAX (2007). *WiMAX 802.16 802.16a 802.16d 802.16e*. Disponível em <http://www.vivasemfio.com/blog/wimax-80216-80216a-80216d-80216e/> consultado em Julho de 2010.
- WIMAX FÓRUM (2001). *Sobre o WiMAX Forum*. Disponível em <http://www.WiMAXforum.org/about>, consultado em Julho de 2010.